TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE

DE PHOTOGRAPHIE

DROITS DE TRADUCTION RÉSERVÉS.

TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE

DE

PHOTOGRAPHIE

PAR

CHARLES FABRE

DOCTEUR ÈS SCIENCES

CHARGÉ DE COURS A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE TOULOUSE

PREMIER SUPPLÉMENT

A

PARIS

GAUTHIER-VILLARS & FILS, IMPRIMEURS-ÉDITEURS

55, QUAI DES AUGUSTINS, 55

—

1892

D. H. v. d. Craght.

PRÉFACE

« Un livre encyclopédique, avec quelque talent qu'il soit rédigé, comporte de la part de son auteur un certain sentiment de sacrifice et d'abnégation. S'il rend les plus grands services à la génération présente, il ne tarde guère, par le cours nécessaire des années, à se trouver incomplet et dépassé. Pendant la longue série d'années consacrées à sa publication, la science éprouve des changements considérables, qui ne sauraient que s'accentuer davantage à mesure que l'on s'éloigne des premiers jours de l'impression. Cela est inévitable en raison du nombre toujours croissant des travailleurs, de la diversité des langues et des nations, chacune envisageant la science sous le point de vue le plus conforme à son génie particulier et à ses traditions[1]. »

Ces idées, si magistralement exposées par l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, sont précisément celles qui nous ont guidé dans la publication de notre *Traité encyclopédique de photographie*. Nous avons, en effet, annoncé qu'après l'apparition des quatre premiers volumes, tous les trois ans un supplément, destiné à exposer les progrès accomplis pendant cette période, viendrait *compléter ce Traité et le maintenir au courant des dernières découvertes*.

Nous commençons la première série de ces suppléments trien-

1. Berthelot, *Notice historique sur Henri Milne-Edwards*, Institut de France, 21 décembre 1891.

naux. Celui que nous publions sous la lettre A est destiné à faire connaître les progrès accomplis pendant la période des trois années 1889-1892. Dans le présent volume, les divisions adoptées pour notre *Traité encyclopédique* ont été conservées. Nous avons pu ainsi combler certaines lacunes tout en exposant avec ordre les progrès récemment accomplis.

Nous espérons continuer longtemps encore la publication de ces suppléments. D'autres pourront suivre la voie que nous avons tracée et parfaire l'œuvre entreprise. En utilisant ainsi les matériaux accumulés par plusieurs générations, il deviendra possible d'élever à la photographie un monument digne à la fois et de cet art merveilleux et de cette belle science, française par son origine, universelle par ses applications.

INTRODUCTION

1035. Historique de la photographie; reproduction des couleurs. — Le problème de la reproduction photographique des couleurs du spectre solaire et de leur fixation a été résolu d'une manière complète par M. Lippmann[1]. Les essais faits jusqu'alors utilisèrent seulement la méthode chimique, et l'on cherchait à préparer par ce moyen des surfaces susceptibles de s'impressionner chromatiquement sous l'influence des couleurs correspondantes. M. Lippmann a pris pour point de départ l'utilisation de certains mouvements vibratoires que l'on étudie en optique, et a créé une méthode d'une admirable simplicité que nous décrirons en détail lorsque nous traiterons de la chromophotographie.

C'est là le fait le plus important qui se soit produit en photographie depuis l'année 1889. On peut même dire que depuis l'invention de Niepce, faite dans le premier quart de ce siècle, aucune découverte aussi importante, aussi féconde en application n'avait été publiée.

1. *Comptes rendus*, janvier 1891 et 25 avril 1892.

LIVRE PREMIER

CHAPITRE PREMIER

PRODUCTION DE L'IMAGE LUMINEUSE.

1036. La lumière; définitions. — L'admirable découverte de M. Lippmann nous oblige à rappeler certaines définitions importantes dans la théorie des ondulations (I, **20**, **21**). La *vitesse de propagation* de l'onde lumineuse est l'espace parcourue par l'onde pendant l'unité de temps. La longueur du chemin parcouru par l'onde pendant la durée d'une vibration se nomme *longueur d'onde*.

On peut faire réfléchir une onde plane sur un obstacle plan : l'onde *directe* devient onde *réfléchie;* la direction de propagation de l'onde directe et la direction de propagation de l'onde réfléchie font avec la surface plane des angles égaux.

Dans la *réflexion normale*, l'onde directe et l'onde réfléchie interfèrent quand elles se rencontrent. En avant d'une surface plane sur laquelle vient tomber une onde plane, il y a une série de plans équidistants dans lesquels tout mouvement est éteint : ce sont les plans *nodaux*. Ces plans sont séparés par des plans parallèles où le mouvement est renforcé : ce sont les plans *ventraux*. La distance entre deux plans nodaux consécutifs ou entre deux plans ventraux consécutifs est toujours égale à une demi-longueur d'onde [1].

Fresnel a assimilé les couleurs simples aux sons simples. Le rouge correspond aux notes graves de l'échelle musicale et le violet aux

1. *Photographie des couleurs*, par A. Berget, p. 16.

notes aiguës. Les couleurs complexes résultent de la superposition de plusieurs mouvements vibratoires simples. La couleur d'un corps résultant de la diffusion des couleurs qui l'éclairent, la couleur apparente d'un corps varie avec la nature de la lumière qui l'éclaire. Par exemple, si l'on éclaire un corps avec une lumière monochromatique, ce corps apparaîtra avec la teinte de cette lumière.

BIBLIOGRAPHIE.

A. Berget, *Photographie des couleurs par la méthode interférentielle de M. Lippmann.*

CHAPITRE II

LES LENTILLES.

§ 1. — Propriétés des lentilles.

1037. Définitions. — Nous devons rappeler les principales définitions qui ont trait aux lentilles. Une lentille est dite *centrée* quand l'*axe principal* de cette lentille (droite qui joint les centres des deux sphères) est perpendiculaire aux plans des circonférences qui limitent les deux faces. Il existe sur l'axe principal un point O tel que toute ligne qui y passe rencontre les deux faces de la lentille en deux points où les plans tangents sont parallèles entre eux (*fig.* 1).

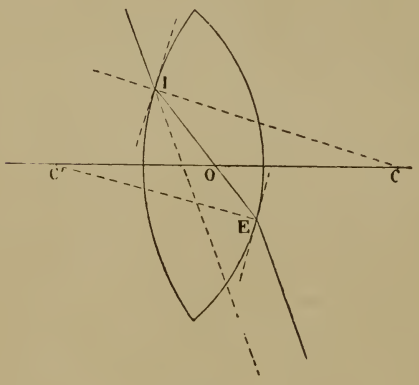


Fig. 1.

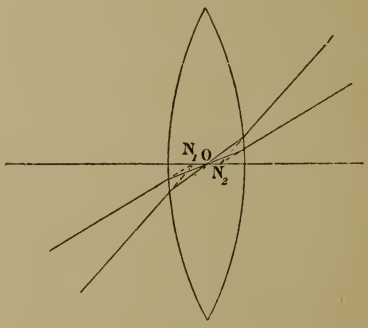


Fig. 2.

Ce point est dit *centre optique*, et les rayons qui le rencontrent sont appelés *axes secondaires*. Ces axes secondaires permettent de définir les points *nodaux*. Les axes secondaires incidents (*fig.* 2) donnent un point de concours unique, appelé quelquefois centre d'arrivée. Les axes émergents donnent un second point N_2, que Secretan a appelé centre de départ. Le plus souvent on désigne ces

points sous le nom de *point nodal d'incidence* N_1 et *point nodal d'émergence* N_2; on les appelle quelquefois *nœuds de réfraction*.

Le *foyer principal* d'une lentille est le point où vont concourir les rayons parallèles à l'axe principal après réfraction à travers la lentille. On désigne quelquefois sous le nom de *longueur focale* de la lentille la distance du foyer principal au sommet ou *pôle* de la lentille (point où l'axe principal rencontre la lentille).

La *distance focale principale* est la distance du second point nodal N_2 au foyer principal F_2 (*fig.* 3). Toute lentille, tout objectif photographique a deux distances focales principales; elles sont égales entre elles et mesurées par les longueurs $F_1 N_1$ et $F_2 N_2$ lorsque les milieux extrêmes sont identiques (*fig.* 4).

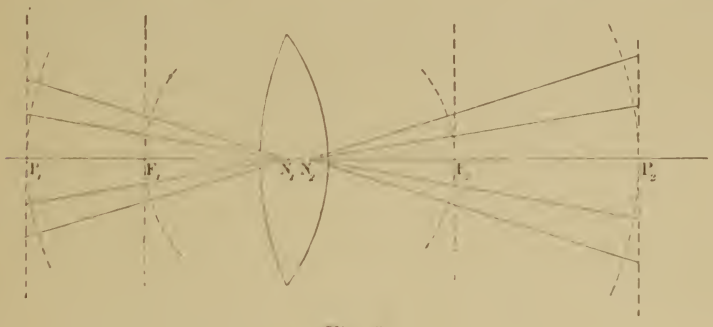


Fig. 3.

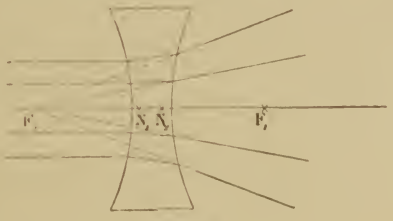


Fig. 4.

Les *axes secondaires*, tout comme l'axe principal, peuvent donner naissance à des *foyers secondaires :* la distance de ces foyers secondaires au point nodal d'émergence est la même que la distance $F_1 N_1$. Tous les foyers secondaires sont donc situés sur une sphère ayant pour centre le point nodal d'émergence et pour rayon la distance focale absolue de la lentille.

Les axes secondaires étant peu inclinés sur l'axe principal, la sur-

face de la sphère peut être assimilée à une surface plane perpendiculaire à l'axe que l'on appelle *plan focal principal*. Les deux plans focaux principaux passent par les deux foyers principaux.

Le point nodal d'incidence se définit par sa distance au sommet de la face d'entrée; le point nodal d'émergence est déterminé par sa distance au sommet de la face de sortie. Les sommets des faces sont les points où les rencontre l'axe principal; on les appelle quelquefois *pôles* de la lentille.

Dans une lentille biconvexe et biconcave, les deux points nodaux sont à l'intérieur; dans les ménisques, l'un des deux points est toujours en dehors, l'autre pouvant être ou extérieur ou intérieur; dans les lentilles plan courbes, un des points nodaux est au sommet de la face courbe et l'autre à l'intérieur.

On peut définir le grossissement d'une lentille par le rapport de grandeur de deux dimensions homologues de l'image et de l'objet; ce rapport est égal au rapport des distances de l'image et de l'objet aux points nodaux correspondants.

Ces diverses propriétés des lentilles subsistent dans le cas où l'on a une combinaison de plusieurs lentilles constituant un système centré, c'est-à-dire tel que les centres des diverses surfaces soient tous sur une même ligne droite, qui est l'axe principal ou l'axe optique du système, ce qui est le cas des objectifs employés en photographie.

Ces objectifs possèdent deux points nodaux et deux foyers principaux également distants des points nodaux correspondants. M. Martin a démontré que, dans certains cas, on peut obtenir la coïncidence des points nodaux d'un objectif : toutes les fois que l'on combine deux groupes symétriques de lentilles pour constituer un objectif on peut réaliser cette condition.

Dans toute lentille convergente simple ou composée, il existe un point situé sur l'axe principal et qui jouit de cette propriété que l'image d'un point lumineux occupant cette position se superpose exactement à lui. M. Martin a appelé ces points *points de Bravais*. Si on les fait coïncider entre eux et avec le centre optique, les points nodaux de l'objectif et son centre optique seront réunis aux mêmes points. Ces objectifs se comportent comme une lentille mince au point de vue de la réfraction des rayons centraux.

1038. Détermination des distances focales principales. — La mesure de la distance focale principale des objectifs employés

en photographie est très importante; mais il est difficile d'effectuer rapidement et avec précision ces sortes de mesure sans employer en même temps des accessoires coûteux.

Lorsqu'on connaît les deux foyers principaux et ses deux points nodaux on possède toutes les données nécessaires pour discuter la formation des images pour des points situés près de l'axe principal. La mesure de la longueur focale revient à rechercher soit la distance du point nodal d'émergence au foyer principal, soit la distance du plan principal au foyer correspondant; c'est la détermination de ces plans principaux qui constitue le côté délicat de la question. On démontre que dans les lentilles simples équi-convexes, si elles ne sont pas trop épaisses eu égard au diamètre, la distance entre les deux plans principaux est à peu près un tiers de l'épaisseur de la lentille à son centre.

Si les positions de ces quatre points cardinaux sont connues pour deux lentilles séparément, on peut déterminer la position des quatre points cardinaux du système résultant de la combinaison de ces lentilles, pourvu que l'on connaisse la distance qui les sépare. Désignons par a la distance qui sépare les deux lentilles, par δ_1 et δ_2 la distance qui sépare les deux points nodaux, par f_1 et f_2 les distances focales principales de chacune des lentilles. La distance focale principale de la combinaison sera

$$f = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - a}$$

et la distance des points nodaux $\delta = \delta_1 + \delta_2 - \dfrac{a}{f_1 + f_2 - a}$.

On voit donc que la distance focale principale augmente avec la distance qui sépare les deux lentilles; la distance des points nodaux de la combinaison diminue de la quantité $\delta_1 + \delta_2$ à zéro, puis augmente négativement et devient infinie lorsque $a = f_1 + f_2$. Si a excède cette valeur, δ devient positif et passe par des valeurs déterminées.

S.-P. Thompson[1] a appelé l'attention sur un autre couple de points signalés par Silbermann jouissant de certaines propriétés. Ce sont les points situés sur l'axe au delà des foyers principaux et à des distances respectivement égales aux vraies distances focales princi-

1. *Journ. Soc. Arts*, XI, 1891, pp. 22-39.

pales. Tœpler appelait ces points : *points négatifs conjugués;* Thompson propose de les appeler *points symétriques;* les plans perpendiculaires à l'axe menés par ces points seraient les plans symétriques. L'image d'un objet en contact avec l'un de ces plans se forme de même grandeur, mais renversée. Tout rayon qui rencontre un plan symétrique à une distance quelconque de l'axe et qui traverse l'objectif coupe l'autre plan symétrique à la même distance de l'axe, mais de l'autre côté de celui-ci.

1039. Méthodes de mesure. — Les méthodes proposées pour mesurer la longueur des distances focales principales sont fort nombreuses. Plusieurs sont inexactes, d'autres supposent connue la distance qui sépare les plans principaux. On peut trouver facilement cette donnée dans le cas d'une lentille simple, mais il n'en est plus de même dans les objectifs composés. Les diverses méthodes proposées peuvent être classées en plusieurs catégories.

A) *Méthode basée sur la détermination du foyer principal.* — Cette méthode permet de déterminer la longueur focale, mais non la distance focale principale. Elle consiste à mettre au point un objet très éloigné. On mesure la distance de la glace dépolie à l'objectif. Si l'on veut obtenir la vraie distance focale principale il faut ajouter (ou retrancher) la distance du pôle ou sommet de la lentille au point nodal correspondant. Ce n'est donc pas une solution.

Berger[1], au lieu de viser l'image d'un objet placé à l'infini, se sert d'un collimateur au foyer duquel est placée une échelle graduée. Il met l'image au point en se servant d'une forte loupe. Maskelyne opère d'une manière inverse. A l'aide d'une lunette il vise un objet situé à une très grande distance et met au point avec soin. La lunette est alors dirigée vers l'objectif placé sur une chambre noire dont le verre dépoli porte une graduation quelconque. On regarde l'objectif à travers la lunette en faisant coïncider les axes des deux appareils, et sans toucher à la mise au point de la lunette on fait avancer le verre dépoli jusqu'à ce que l'on aperçoive dans le champ de la lunette l'image nette des traits tracés sur le verre dépoli; ce dernier se trouve alors au foyer principal de l'objectif. Merz[2] a modifié ce procédé et l'a appliqué aux lentilles négatives. Kerber[3], pour donner plus de précision à cette méthode et s'assurer de la position exacte du verre dépoli au foyer principal, interpose entre l'objectif de la lunette et l'objectif à essayer une lame de verre à faces parallèles; il s'assure ainsi du parallélisme des rayons qui émergent de l'objectif photographique. Aucune de ces méthodes ne fournit de renseignements sur la position des points nodaux.

Pendelbury[4] emploie une méthode qui est en somme celle de M. Cornu[5].

1. *Zeitschr. f. Instrumentenk.*, VI, 1886, p. 272. — 2. *Pogg. Ann.* 1845, p. 321. — 3. *Zeitschr. f. Instrumentenk.* 1881, p. 67. — 4. *Lenses and System of Lenses*, London, 1884, p. 82. — 5. *Journal de physique*, 1877, p. 276.

Il détermine d'abord la position des deux foyers principaux, puis met au point un objet rapproché et mesure les distances q_1 q_2 de ces deux foyers conjugués quelconques aux foyers principaux correspondants. La relation de Newton donne

$$-q_1 q_2 = f^2.$$

Il obtient donc la distance focale principale, et peut déterminer la distance des points nodaux, connaissant la position du foyer principal.

B) *Méthodes basées sur le grossissement.* — Les diverses méthodes de grossissement employées à la détermination des distances focales principales d'objectifs employés en photographie sont en général peu précises, parce que la mesure de ce grossissement est très délicate et peut donner lieu à des erreurs graves, surtout si l'on emploie comme mire un trait rectiligne qui peut, sans qu'on s'en aperçoive, n'être pas parallèle à la glace dépolie.

Une des plus anciennes méthodes est celle dite de Ramsden; elle a été modifiée par Meyerstein [1] de manière à l'appliquer aux lentilles épaisses. L'objectif monté sur la chambre noire est placé en face d'un objet situé à plus de quatre fois la longueur du foyer. On mesure la grandeur de l'objet, celle de son image et la distance de l'objectif à l'objet; on retourne alors l'objectif de manière à ce que la lentille frontale soit à l'intérieur de la chambre noire, et l'on déplace l'objectif jusqu'à ce que la même dimension d'image ait été obtenue sur la glace dépolie. Dans cette seconde opération le second point nodal occupe la place du premier. On calcule la distance focale d'après le rapport des dimensions, la distance de l'objet à l'image et la longueur dont on a déplacé l'objectif.

Hansen [2] cherche pour quelles positions spéciales l'image d'un objet de grandeur déterminée est reproduit à un grossissement de 1, 2, 3, 4... fois; avec ces derniers, il calcule la longueur focale principale et la distance des points nodaux. Mergier [3] a modifié cette méthode : il se sert comme objet et comme écran de deux micromètres identiques. Il détermine d'abord la position des points symétriques en obtenant l'image de grandeur égale à celle de l'objet. Pour produire sur le même écran une image de grandeur double, il suffit alors de déplacer l'objectif d'une longueur égale à la distance focale et l'objet de la moitié de cette distance; on a alors tous les éléments du calcul. Les déplacements sont exécutés par des moyens mécaniques et mesurés très exactement.

C) *Procédés de mesure par reproduction à grandeur égale.* — Silbermann [4] vise une mire placée à une distance telle que l'objectif en donne une image égale en grandeur. Dans ce cas, les distances de l'objet au point nodal d'incidence et de l'image au point nodal d'émergence sont respectivement égales au double de la distance focale absolue. En divisant par 4 l'intervalle compris entre la mire et le verre dépoli, on obtient la distance focale avec une erreur systématique qui sera le quart de la distance des

1. *Carl's Repertorium*, 1877, p. 363. — 2. *K. Sæchs. Gesells. f. Wissenchaften*, 1871. — 3. *Société de physique*, 1887, p. 193. — 4. *Comptes rendus*, 22 février 1830, p. 340.

points nodaux. Webb [1], Donders [2] ont apporté quelques légères modifications à cette méthode. Snellen se sert d'un banc gradué au milieu duquel il dispose l'objectif à mesurer et déplace l'écran et l'objet jusqu'à ce que l'image soit de grandeur égale à celle de l'objet ; il ne tient pas compte de la distance des points nodaux.

D) D'autres méthodes, telles que celles de Bessel [3], Oudemans [4], ne donnent que des résultats approchés et ne permettent pas de déterminer la distance des points nodaux ; il en est de même de celles de Hasselberg [5], de Mac Gillavry [6] qui nécessitent des mesures assez pénibles et par suite peu faciles pour les applications photographiques.

E) La méthode de A. Cornu (I, **36**) a été légèrement modifiée par Mœbius [7] qui l'a rendue applicable à la mesure des lentilles négatives.

F) Moser [8] a fait connaître sous le nom de méthode de l'*obliquité des rayons* un procédé de mesure basé sur une propriété des axes secondaires. L'application de cette méthode nécessite de nombreuses mesures de grossissement et par suite est d'un emploi peu pratique en photographie.

G) Thompson [9] a imaginé une méthode qui, par certains côtés, ressemble à celle employée par MM. Davanne et Martin. Il commence par déterminer les deux points focaux principaux et place un écran micrométrique transparent en ces points ; puis il cherche les deux points qu'il appelle *symétriques*, sans toucher à l'objectif, en déplaçant les deux écrans-micromètres à l'aide d'une vis double jusqu'à ce que chacun des micromètres soit devenu l'image de l'autre. La distance focale principale, ainsi que la distance δ des points nodaux, sont donnés par une simple soustraction de lecture de l'échelle. Supposons que q_1, q_2 soient les distances respectives du point-objet et du point-image aux deux foyers principaux correspondants. La formule de Newton donne au signe près,

$$q_1 q_2 = f^2.$$

Si dans la mesure des longueurs q_1, q_2 on commet des erreurs de mesure Δq_1, Δq_2, la mesure de la longueur focale sera entachée d'une erreur déterminée par l'équation

$$(2) \qquad (f + \Delta f)^2 = (q_1 + \Delta q_1)(q_2 + \Delta q_2),$$

$$(3) \qquad f^2 + 2f\Delta f + \Delta^2 f = q_1 q_2 + q_1 \Delta q_2 + q_2 \Delta q_1 + \Delta q_1 \Delta q_2.$$

Retranchant l'équation (2) de l'équation (3) et négligeant les quantités du second ordre, il vient

$$(4) \qquad 2f\Delta f = q_1 \Delta q_2 + q_2 \Delta q_1,$$

d'où, en divisant par $f^2 = q_1 q_2$, on aura

$$(5) \qquad \frac{\Delta f}{f} = \frac{1}{2}\left(\frac{\Delta q_1}{q_1} + \frac{\Delta q_2}{q_2}\right).$$

1. *Fortschritte d. Physik*, 1857, p. 276. — 2. *Versl. en Mededeel*, 1863, p. 402. — 3. *Astronomische Untersuchungen*, I, p. 137. — 4. *Archives Néerlandaises*, 1877, p. 149. — 5. *Bulletin de l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg*, 1888, p. 142. — 6. *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, 1875, p. 73. — 7. *Journal de physique*, IX, p. 511. — 8. *Pogg. Annalen*, 1884, p 39. — 9. *Journ. Soc. Arts*, XI, 1891, pp. 22, 39.

Donc, l'erreur commise dans la mesure de f est la moyenne des erreurs commises dans la mesure de q_1 et q_2; par suite, puisque Δq_1 et Δq_2 sont de même ordre de grandeur, si nous désignons par Δ_m leur moyenne arithmétique et si nous supposons que chacun d'eux est égal à cette valeur, l'équation (4) nous donne

$$\Delta f = \frac{1}{2}\,\frac{q_1 + q_2}{f}\,\Delta_m. \tag{6}$$

Ce qui montre que, pour une erreur moyenne donnée Δ_m et une longueur focale donnée, l'erreur commise en déterminant cette longueur focale sera proportionnelle à $q_1 + q_2$; par suite, ces valeurs de q_1 et q_2, qui font de $q_1 + q_2$ un minimum, feront de l'erreur Δf un minimum, et comme $q_1\,q_2 = f^2$ est une quantité constante pour un objectif donné, la valeur minima de $q_1 + q_2$ est obtenue pour $q_1 = q_2$, ce qui a lieu précisément quand les points conjugués se confondent avec les points symétriques. De plus, la mise au point dans le cas d'une image de grandeur égale à celle de l'objet ne présente pas de bien grandes difficultés, surtout si l'on se sert de l'objectif sans aucun diaphragme ou muni d'un diaphragme suffisant pour la mise au point des rayons centraux. Il ne faut pas employer une ouverture de diamètre exagérée parce que l'aberration sphérique prend alors une valeur considérable. En déterminant q_1 l'erreur peut provenir de la mesure faite à l'autre extrémité de l'objectif. Si on admet que l'erreur Δq_2 faite sur q_2 est proportionnelle à la distance de ce foyer à la lentille, on peut conclure que Δq_2 est proportionnel à $q_2 + f$ et que Δq_1 est proportionnel à $q_1 + f$. En substituant ces valeurs dans l'équation (4), il vient

$$2f\Delta f \propto q_1(q_2 + f) + q_2(q_1 + f),$$

et divisant par f réduisant

$$\Delta f \propto f + \frac{1}{2}(q_1 + q_2).$$

Ce qui est encore un minimum de q_1 et q_2 pour les valeurs positives de q_1

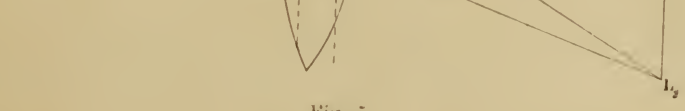


Fig. 5.

et q_2 lorsque $q_1 = q_2$ ou bien lorsque les foyers conjugués se confondent avec les points symétriques.

Pour déterminer la distance focale principale d'un système optique convergent dont les points nodaux sont en N_1 N_2 (*fig. 5*), supposons que F_1 F_2 soient les foyers principaux, P_1 P_2 les points symétriques, situés chacun à deux fois la distance focale de leurs points nodaux respectifs : ces points P_1 P_2 sont des points conjugués. Supposons qu'à l'aide d'une lentille collimatrice munie d'un micromètre nous fassions arriver de gauche à droite, sur l'objectif à essayer N_1 N_2, les rayons parallèles issus de ce collimateur, il se formera une image en F_2, où nous placerons un micromètre (*fig. 6*); nous pouvons donc déterminer le point focal principal. Maintenant, sans

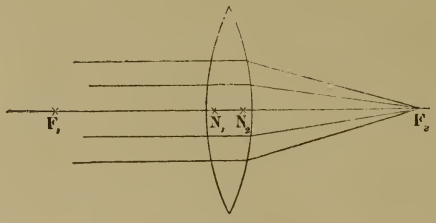


Fig. 6.

changer l'objectif, faisons-le traverser de droite à gauche par les rayons issus du collimateur; nous déterminerons de même le foyer principal F_1. La distance qui sépare F_1 et F_2 est égale à $2f + \delta$, f représentant la longueur du foyer et δ la distance des plans principaux. Éloignons maintenant les deux micromètres de l'objectif, et cela simultanément. Lorsque l'un des deux arrivera à P_1, l'autre sera en P_2, ce que l'on reconnaîtra, parce que les images formées sur l'un comme sur l'autre micromètre seront de même grandeur et de sens inverse. L'égalité de grandeur de l'image et de l'objet étant obtenues, la distance de l'écran à la mire $P_1 P_2 = 4f + \delta$; mais $\delta = 2F_1F_2 - P_1P_2$, d'où $f = F_1P_2 = F_2P_2$. En mesurant en arrière de F_1 une distance égale à F_1 P_1, on arrive en N_1; on détermine parallèlement N_2, et l'on a ainsi les points nodaux que l'on peut marquer sur l'axe de l'objectif.

M. Thompson a fait construire, dans le but d'effectuer ces mesures rapidement et avec précision, un banc optique spécial muni de micromètres susceptibles de se mouvoir simultanément et de quantités égales de part et d'autre de l'objectif. Le principe de la méthode est, au fond, le même que celui précédemment décrit [1]. L'emploi de l'appareil de M. Thompson est surtout utile pour la mesure des distances focales des objectifs de microscopes; il ne permet pas les mesures de longueur focales d'objectifs quand elles dépassent six pouces anglais (0m158).

1040. Méthode de MM. Davanne et Martin. — C'est la méthode qui doit être préférée par les photographes pour la mesure de la distance focale principale. L'objectif étant monté sur la cham-

(1) *Traité encyclopédique de photographie*, t. I, p. 330.

bre noire, on vise d'abord un point situé à une grande distance; la face dépolie de la glace est alors au foyer principal postérieur; on marque la position du bord antérieur du cadre qui porte la glace sur

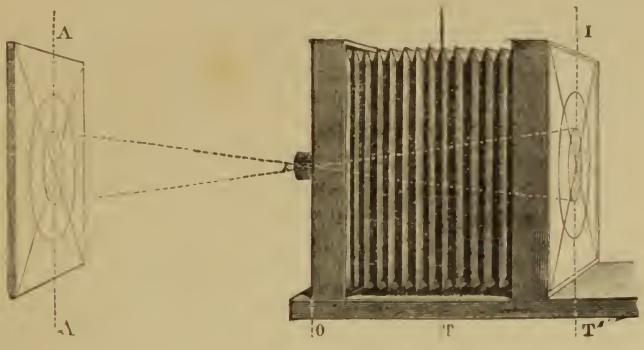


Fig. 7.

la glissière où ce cadre se déplace. On a préalablement tracé en trait fin, sur une surface blanche bien plane, une circonférence, et on cherche, par tâtonnements, à faire coïncider l'image de cette circonférence avec une autre circonférence tracée sur la glace dépolie avec la même ouverture de compas, et ayant comme centre le centre

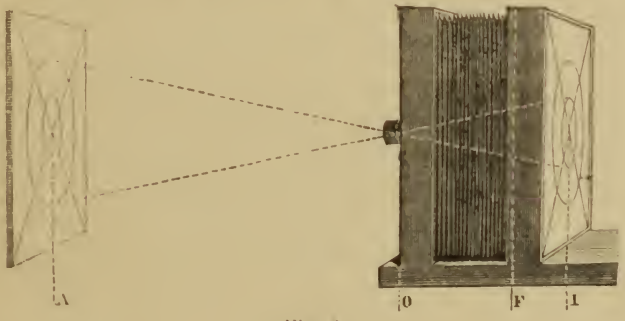


Fig. 8.

de cette glace. Lorsque la coïncidence est établie, la face dépolie (*fig.* 7) se trouve à une distance du point nodal N_2 égale à $2f$: elle a donc subi de l'une des visées à l'autre un déplacement égal à f, déplacement qui est identique à celui qu'a subi le bord antérieur du cadre; on trace un nouveau repaire indiquant la nouvelle position de ce bord, et la distance des deux repères mesure la distance focale absolue.

Cette méthode perd beaucoup de sa précision si on se contente de viser un objet de dimension connue placé à une distance finie (une circonférence, par exemple, *fig. 8*), de mettre au point et de mesurer le déplacement de la glace à partir du foyer et les dimensions de l'image. En multipliant le déplacement par l'inverse du grossissement on a la valeur de la distance focale, mais avec moins d'exactitude que par la méthode précédente.

§ 2. — Des aberrations.

1041. Aberration sphérique. — Si l'on considère un rayon tombant sur le bord d'une lentille sphérique convergente et qu'on cherche à déterminer par le calcul la position du point où le rayon refracté va

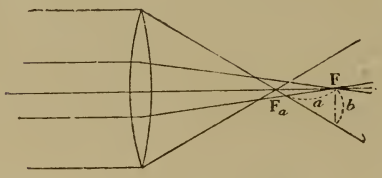


Fig. 9.

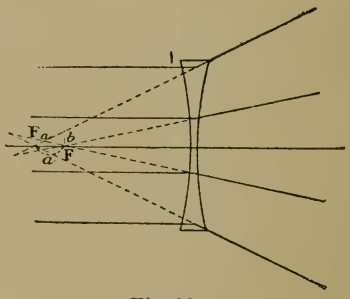


Fig. 10.

couper l'axe, on trouve que ce point est plus voisin de la lentille que le foyer principal. Si nous examinons ce qui se passe lorsque nous plaçons un écran au foyer principal d'un objectif recevant les rayons émis par un point lumineux, nous constatons que l'image du point lumineux est entourée d'une auréole circulaire, ayant au centre un point très brillant qui est le point de concours des rayons centraux. La lumière qui entoure ce point est fournie par des rayons qui ont coupé l'axe en avant du foyer principal. La distance entre le foyer principal F des rayons centraux et celui des rayons extrêmes F_a (*fig. 9*) est dite *aberration principale longitudinale.*

Le rayon *b* de l'auréole que l'on observe est celui du cercle d'intersection par le plan focal principal, du cône des rayons extrêmes. Ce rayon est ce que l'on appelle *aberration principale latérale.* Le calcul montre que l'aberration longitudinale croît comme le carré de l'ouverture de la lentille et varie en raison inverse de la distance focale

principale. L'aberration latérale croît comme le cube de l'ouverture et varie en raison inverse du carré de la distance focale. Les lentilles divergentes (*fig. 10*) ont une aberration dite *négative;* elle est dite *positive* dans le cas des lentilles convergentes.

Il est impossible de construire une lentille simple à faces sphériques qui serait exempte d'aberration sphérique, c'est-à-dire aplanétique; mais on peut combiner les courbures de façon que l'aberration soit réduite à un minimum. La lentille doit être biconvexe si elle est convergente, biconcave si elle est divergente, et tourner sa face la plus courbe vers la lumière. La forme de la lentille d'aberration minima change avec l'indice de la substance employée.

On peut théoriquement construire des lentilles simples aplanétiques; mais les faces de la lentille ne sont plus sphériques. Si l'on veut qu'une lentille soit aplanétique pour un point situé à l'infini sur son axe, les faces doivent être des portions de paraboloïdes; si le point est à distance finie, les faces sont constituées par des surfaces de révolution engendrées par des ovales de Descartes.

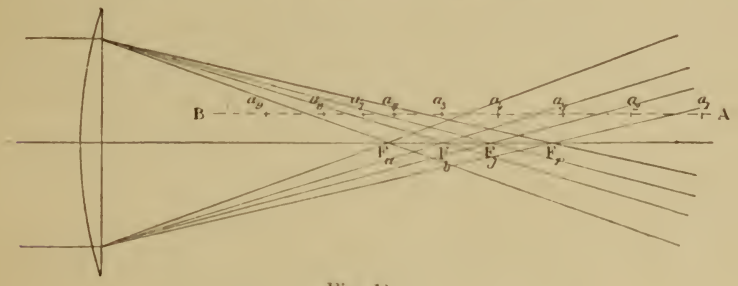


Fig. 11.

Dans un système composé de plusieurs lentilles sphériques il est possible pratiquement d'obtenir une combinaison à surfaces sphériques qui soit aplanétique suivant l'axe.

1042. Aberration de réfrangibilité. — Il existe dans les lentilles un foyer chimique différent du foyer lumineux. Il provient de ce que les rayons des diverses couleurs ont formé des foyers distincts en F_r pour les rayons rouges (*fig. 11*) en F_j pour le jaune, en F_b pour le bleu, en F_u pour le violet. Les diverses couleurs qui formaient le faisceau de lumière blanche incident donnent lieu à des foyers différents. La variation de l'indice d'un même verre avec la couleur, variation qui entraîne cette séparation des foyers, cause une séparation

des points nodaux; dans une même lentille, chaque couleur aura les siens.

Le *pouvoir dispersif* d'un verre est le rapport obtenu en comparant la différence des déviations des rayons extrêmes à la déviation du rayon moyen. Ce pouvoir dispersif est représenté par

$$\frac{n_u - n_r}{n - 1} = \frac{n_h - n_b}{n_c - 1}$$

en désignant par n_h, n_b, n_c... les indices relatifs aux raies H, B, C... du spectre solaire.

L'*aberration chromatique* ou *aberration de réfrangibilité* est la distance des foyers F_h et F_b donnée par les couleurs extrêmes pour un faisceau parallèle à l'axe.

Le *cercle d'aberration chromatique* est la plus petite section qui puisse être faite dans le système des cônes de rayons réfractés.

La grandeur de l'aberration de réfrangibilité se définit par le rayon du cercle d'aberration chromatique. Ce rayon ne dépend pas de la distance focale de la lentille, il est proportionnel à son ouverture et au pouvoir dispersif du verre dont elle est formée.

En combinant entre elles deux ou plusieurs lentilles taillées dans des verres de pouvoir dispersif différents on peut amener à se confondre en un même foyer les rayons de deux ou de plusieurs couleurs provenant d'un point donné; on réalise ainsi l'*achromatisme* de la lentille.

§ 3. — Corrections des aberrations.

1043. Correction de l'aberration sphérique. — En théorie, pour que l'image d'un point soit nette, il faut qu'elle se réduise à un point; mais dans la pratique, pour qu'une image puisse être considérée comme réduite à un point, il suffit que la tache lumineuse qui la constitue ait une étendue assez petite et ne dépasse pas la surface de **diffusion tolérée** (I, **153**). La limite de cette surface est *variable* suivant que l'image doit être vue à l'œil nu, à la loupe, etc. Certains auteurs admettent pour la plus grande dimension de la surface de diffusion tolérée 0^m00025, d'autres 0^m0002; enfin, dans certains cas, il est utile d'arriver à 0^m0001 ou même à 0^m00005. Dailleurs, un point lumineux situé sur l'axe d'un objectif peut donner, pour des positions légèrement différentes de la glace dépolie,

des images dont la dimension ne dépasse pas en étendue la surface de diffusion tolérée. Cet écart de positions extrêmes que peut prendre l'écran, constitue la *profondeur du foyer*. En désignant par 2ε la plus grande dimension de la surface de diffusion tolérée, par f la distance focale principale, par y le rayon du cylindre formé par ceux des rayons parallèles à l'axe qu'on laisse entrer dans l'objectif, la profondeur de foyer pour un point situé à l'infini est

$$2\varepsilon \frac{f}{y}.$$

Si le point est situé à une distance finie p_1 la profondeur de foyer est donnée par

$$2\varepsilon \frac{f}{y} \frac{p_1}{f - p_1}.$$

Le *champ* d'un objectif est la portion de l'espace comprenant tous les points qui peuvent donner simultanément sur l'écran une image nette; la *profondeur du champ* est le déplacement que peut subir un point situé sur l'axe sans que son image prenne un diamètre supérieur à 2ε. Tout point lumineux situé sur l'axe à une distance du point nodal d'incidence supérieure à

$$f\left(1 + \frac{y}{\varepsilon}\right)$$

donnera une image nette sur le verre dépoli; si ce verre dépoli est au point pour un point lumineux situé à une distance p_1 du point nodal d'incidence, la profondeur du champ sera

$$2\varepsilon \frac{p_1 (p_1 - f)}{yf}.$$

Corriger les diverses aberrations ce n'est pas, comme on pourrait le croire, les faire disparaître d'une façon absolue : c'est les réduire de telle sorte que l'image d'un point présente, malgré ces aberrations, une étendue inférieure à la surface de diffusion tolérée.

Dans les lentilles simples on peut faire disparaître l'aberration de sphéricité par l'emploi d'un diaphragme qui limite convenablement l'admission des rayons lumineux. Mais la diminution d'ouverture réduit la quantité de lumière admise sur la plaque sensible. Si le diaphragme employé est trop petit, de nouveaux phénomènes appa-

raissent, dus à la diffraction. Le seul emploi du diaphragme avec les lentilles simples ne peut donner une solution complète du problème.

Lorsque l'on veut corriger les aberrations suivant l'axe et au voisinage de l'axe, on forme l'objectif avec un système complexe de lentilles. Le problème admet une infinité de solutions si l'une des lentilles est convergente et l'autre divergente; il n'en admet pas si les deux lentilles sont convergentes.

1044. Calcul des objectifs[1]. — Le calcul des objectifs photographiques peut se faire soit par une méthode directe, soit par une méthode indirecte; il comprend plusieurs déterminations.

A) *Calcul des aberrations; conditions d'aplanétisme.* — On peut calculer les aberrations que possède un système centré donné : la valeur de l'aberration résultante est obtenue en fonction des rayons de courbure et des indices; on cherche à combiner ces éléments de façon que l'aberration soit nulle. L'une des lentilles étant convergente, l'autre divergente, deux lentilles doivent présenter des aberrations partielles de signe contraire. L'aberration totale de sphéricité pour tous les rayons d'une couleur donnée émanée d'un point donné de l'axe sera alors représentée par une fonction de quatre rayons de courbure. Cette fonction peut être annulée par une relation convenable entre quatre rayons, c'est-à-dire qu'en égalant cette aberration totale à 0, l'équation obtenue admettra des racines réelles.

B) *Condition d'achromatisme.* — A la sortie du sytème des deux lentilles on peut obtenir la superposition des points de concours que donnent les rayons de deux courbures choisies d'avance, émanées d'un point de l'axe. Le calcul montre que le résultat cherché sera obtenu si les distances focales propres aux deux lentilles sont dans le rapport des pouvoirs dispersifs des deux verres, ces pouvoirs dispersifs étant calculés sur les portions du spectre comprises entre les deux couleurs que l'on veut superposer. Si le système doit être convergent, il faut que celle des deux lentilles composantes qui est convergente soit faite avec la substance dont le pouvoir dispersif est le plus petit, en se servant des verres ordinaires. En associant deux lentilles, les images données par les rayons des autres couleurs se

1. Voyez Vallon, *Traité élémentaire de l'objectif photographique*, p. 268. — Nous avons résumé plusieurs pages de cet excellent ouvrage qui constitue le meilleur Traité d'optique photographique existant actuellement.

feront très près des deux premières; si la combinaison est bien établie, on n'aura plus que ce que l'on appelle une aberration chromatique secondaire.

Dans les objectifs de photographie, si l'instrument est destiné à obtenir l'image d'objets placés à l'infini (objectifs astro-photographiques), on cherche à concentrer au même point le plus de rayons chimiques, et on détermine, par une série d'expériences, la position du foyer chimique. Il n'est pas possible d'opérer ainsi dans la photographie ordinaire, parce que la différence entre le foyer visuel et le foyer chimique varie avec la distance de l'objet à l'objectif. On achromatise le jaune de la raie D par l'indigo de la raie G ou d'une raie située un peu au delà, Hγ, par exemple.

Dans la construction des objectifs à paysages, on peut calculer la correction des aberrations pour des rayons parallèles à l'axe; mais pour un objectif à portraits, il vaut mieux calculer pour un point situé à une distance finie (7^{m}50, par exemple).

L'épaisseur des lentilles complique singulièrement ces calculs; il faut en tenir compte.

C) *Troisième condition : équation de convergence, distance focale.* — On peut se donner comme troisième condition une distance focale déterminée; dans ce cas, le problème a une infinité de solutions et on ne peut plus se fixer qu'une condition arbitrairement choisie.

D) *Quatrième condition : condition de Clairault, de d'Alembert.* — En associant une lentille de flint à une lentille de crown, on peut se poser comme quatrième condition de donner la même courbure aux faces en regard des deux lentilles : c'est *la condition de Clairault*. On choisit cette condition si l'objectif n'est pas de trop grand diamètre et on colle alors les deux faces en contact à l'aide de baume du Canada. On ne peut opérer ainsi dans les grands objectifs à cause de la déformation des surfaces qui se produirait fatalement.

Dans ce cas, on s'impose comme condition de diminuer l'aberration des faisceaux peu obliques à l'axe. L'aberration des faisceaux très voisins de l'axe était déjà fortement atténuée par la correction suivant l'axe; le diaphragme se chargeait de faire le reste. Par une relation convenable entre les rayons de courbure, on obtient le maximum d'intensité lumineuse au centre, dans la section par un écran, des caustiques donnés par les rayons obliques.

On a donc ainsi quatre conditions pour déterminer quatre varia-

bles : le problème est donc défini et peut être résolu de plusieurs manières avec deux verres différents dont les constantes sont bien déterminées (réfraction et dispersion). En choisissant des verres d'indice et de pouvoir dispersif variés, on peut résoudre le problème de bien des manières, suivant le but que l'on veut atteindre.

C'est ainsi que sur ces quatre conditions, Herschell en affectait deux à l'aplanétisme. Il écrivait que le système devait être aplanétique pour des rayons parallèles à l'axe et qu'il devait l'être pour les rayons émanés d'un point situé à une distance finie et donnée; il écrivait ensuite l'équation d'achromatisme, puis celle de convergence fixant la longueur focale, et le problème était ainsi déterminé.

Cette méthode directe est employée pour le calcul des objectifs d'astronomie ou d'objectifs dont le champ angulaire est relativement faible.

1045. Méthode indirecte. — Cette méthode est laborieuse dans la pratique. On se donne un objectif constitué par deux lentilles; ce système étant déterminé, on cherche par le calcul en quel point les rayons d'une couleur moyenne et situés à une certaine distance de l'axe vont couper cet axe : on obtient ainsi un système A d'équations définissant la position du point où le rayon refracté correspondant coupera l'axe principal.

On transforme ensuite ces équations en exprimant que le rayon considéré tombe sur la première face au voisinage de l'axe, et l'on obtient ainsi un nouveau système B d'équations relatif aux rayons centraux.

Toutes ces équations contiennent les rayons de courbure des quatre surfaces du système; on a d'ailleurs entre ces rayons d'autres conditions, comme celle qui les lie aux pouvoirs dispersifs des deux verres employés. On se sert de ces conditions pour calculer des valeurs approchées des rayons de courbure, puis on introduit ces valeurs dans les équations A et B; celles-ci permettront alors de calculer, les premières, la position du point où l'axe est rencontré par un rayon réfracté correspondant à un point d'incidence quelconque; les secondes, la position du point où le coupent les rayons centraux.

On fait ensuite les mêmes calculs en donnant aux indices non plus une valeur moyenne, mais les valeurs extrêmes.

En général, les points ainsi calculés ne coïncident pas; on modifie alors les valeurs d'un ou deux rayons de courbure, on essaie de nou-

veau, et ainsi, par approximations successives, on tend vers le but visé [1].

1046. Du diaphragme. — Un objectif constitué par deux lentilles collées ne pourrait par lui-même suffire aux besoins de la photographie ordinaire, à cause du champ relativement considérable qui est nécessaire. En astronomie, on se contente d'un champ de 2°; en photographie on dépasse presque toujours 30° et on atteint quelquefois 100°. On admet donc des faisceaux beaucoup trop obliques pour que la lentille, même correctement calculée, puisse présenter des

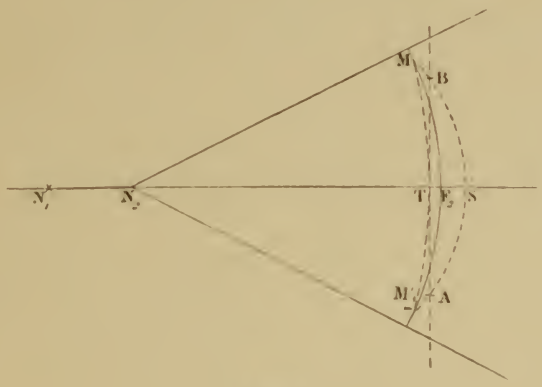


Fig. 12.

aberrations suffisamment réduites. On s'affranchit de ces aberrations en réduisant par un diaphragme l'admission des rayons; la quantité de lumière admise sur la plaque sensible se trouve ainsi réduite. Si l'on veut un objectif lumineux, il faut employer des systèmes optiques plus complexes.

Le diaphragme a pour rôle d'affecter à chaque faisceau d'obliquité déterminée une portion déterminée, convenablement choisie et convenablement limitée, du système réfringent. On peut ainsi, d'une part, détruire l'astigmatisme jusqu'à une assez grande distance de l'axe, et, d'autre part, rendre la surface focale plus plane. En diminuant l'ouverture utile de l'objectif, le diaphragme augmente la profondeur de foyer et permet de réduire la distorsion. Il augmente la profondeur de foyer parce que dans l'espace compris entre MSM'

1. Wallon, *Traité élémentaire de l'objectif photographique*, p. 73.

et MTM′ (*fig. 12*) les cônes des rayons réfractés ont des sections moindres que la surface de diffusion tolérée. On peut donc recevoir des images nettes de points éloignés sur une surface plane assez grande de diamètre maximum AB.

La distorsion consiste en ceci : des droites lumineuses, placées à une certaine distance de l'axe principal du système réfringent, donnent sur l'écran des images courbes [1].

M. Vallon indique le moyen suivant pour observer la distorsion. On entoure la cheminée d'une lampe à gaz (*fig. 13*) avec une feuille opaque présentant une fente verticale étroite et longue : cette fente constituera une ligne lumineuse. Les rayons venant de cette ligne sont d'abord reçus sur un écran opaque, percé d'une petite ouverture

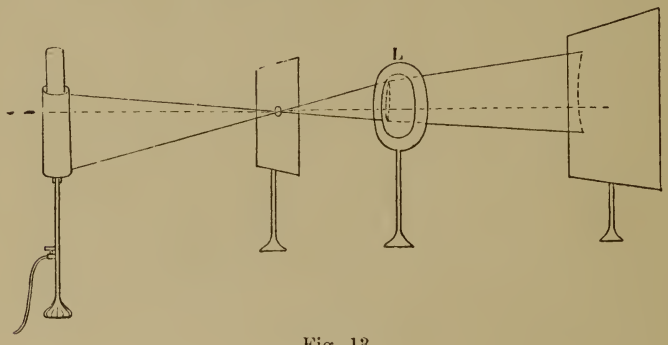


Fig. 13.

circulaire et jouant le rôle de diaphragme; puis sur une loupe assez puissante, dont l'axe principal passe par le diaphragme, et enfin sur un écran blanc : il se formera sur cet écran une image de la fente.

Chaque point de la fente éclairée enverra sur la lentille un pinceau très étroit de rayons, et l'ensemble de ces pinceaux constituera un faisceau-plan, que, par un déplacement latéral de la lampe, on fera tomber sur la lentille, soit suivant un diamètre, soit excentriquement. On constate alors, à mesure que la trace lumineuse du faisceau sur la lentille s'écarte du centre que l'image, d'abord rectiligne, s'incurve peu à peu en présentant sa concavité vers l'axe principal; si ensuite, laissant fixes la lampe et la lentille, on déplace le diaphragme, nous verrons la courbure de l'image s'accentuer à mesure qu'il s'écartera de la lentille et s'atténuer à mesure qu'il s'en approchera; si,

1. Wallon, *Traité élémentaire de l'objectif photographique*, p. 77.

enfin, nous plaçons le diaphragme non plus en avant de la lentille, mais en arrière, la courbure de l'image change de sens, elle présente maintenant sa convexité vers l'axe principal.

La distorsion se manifeste par une altération de la perspective. On s'en rend compte en remplaçant dans l'expérience précédente la fente lumineuse continue par une série de petits trous égaux et équidistants disposés suivant une ligne verticale (*fig. 14*). Dans l'image, les distances relatives des trous diminuent à mesure qu'on s'écarte du

Fig. 14.

centre II ; si le diaphragme est derrière la lentille, l'image de la fente est étirée comme en III.

1047. Calcul des objectifs photographiques. — Le plus souvent on emploie pour ces calculs la méthode indirecte. Les verres étant choisis, on se donne la disposition générale de l'objectif (simple, double), et par le calcul on suit à travers les diverses lentilles la marche d'un rayon (jaune, par exemple) provenant d'un point de l'axe et s'écartant peu de cet axe. On fait le même calcul pour un rayon violet : on suit la marche de deux rayons jaune et violet provenant du même point et confondus, mais s'écartant à une certaine distance de l'axe principal. On cherche alors à obtenir la coïncidence des divers

points d'intersection avec l'axe des rayons réfractés. Pour cela, on modifie légèrement un ou plusieurs des rayons de courbure, et on reprend le calcul après ces modifications. On arrive ainsi à obtenir des rayons de courbure qui donnent une coïncidence suffisante des divers points d'intersection.

On recommence la même série de calculs pour un point situé au bord du champ; on procède de même par approximations successives, jusqu'à ce que l'on ait obtenu le résultat cherché.

On voit donc que le calcul d'un objectif nécessite un long travail. Il est abrégé lorsque l'appareil est composé d'une seule combinaison de deux ou trois lentilles accolées; dans ce cas, on donne au diaphragme un rôle considérable, l'objectif sert alors à peu près exclusivement à la reproduction des objets inanimés. On peut cependant calculer de bons objectifs simples dont la rapidité d'action est très suffisante ; ils présentent d'ailleurs l'avantage de ne pas avoir des résidus d'aberration qui altèrent la finesse de l'image, et de plus les pertes de lumière par réflexion sont moins considérables que dans les autres objectifs.

Dans l'ancienne forme d'objectifs à portraits, imaginée par Petzval en 1842, on demande certaines qualités à la première combinaison, et par l'adjonction de deux lentilles ordinaires (simples et séparées) on corrige l'aberration sphérique, positive ou négative que peut posséder la combinaison antérieure ; on allonge aussi la distance focale des faisceaux obliques à l'axe émergent de la lentille frontale, etc.; de même dans l'orthoscopique de Petzval on ajoute à une lentille achromatique convergente une lentille divergente.

Dans le calcul des objectifs photographiques on se donne comme première condition que les rayons rencontrent les surfaces réfringentes sous une faible obliquité ; on atténue ainsi les effet de l'astigmatisme.

Prasmowski donnait aux courbures des valeurs telles et au diaphragme une position et une dimension telles que les pinceaux lumineux traversent le système réfringent en subissant le minimum de déviation : c'est là une disposition très favorable à la correction des diverses aberrations. On exprime cette condition en écrivant que le produit des cosinus des angles d'incidence soit égal pour un même rayon au produit des cosinus des angles de réfraction [1].

1. Ad. Martin, *Annales de l'École normale supérieure*, 1877, supplément, p. 37.

Une très bonne disposition recommandée par M. Martin consiste à établir entre les rayons de courbure une relation telle que les points nodaux du système puissent être amenés à coïncider, de telle sorte que le centre optique y jouisse des mêmes propriétés que dans une lentille mince. Cette condition est réalisée dans certains objectifs connus sous le nom de *rectilinéaires rapides*.

En choisissant convenablement la nature des verres on peut faciliter le travail. Par exemple, par l'emploi des verres nouveaux de Schott, d'Iéna, verres d'indice très faible et de pouvoir dispersif relativement grand, on peut réaliser des types d'objectifs fort nombreux et qui présentent des avantages remarquables, soit sous le rapport de la clarté, soit sous celui de la correction plus parfaite de l'aberration chromatique et de l'astigmatisme. Ces nouveaux verres offrent la particularité suivante : le pouvoir dispersif ne croît pas forcément avec l'indice. On peut réaliser un système achromatique convergent dans lequel la lentille convergente possède le plus grand indice de réfraction.

La construction d'un type d'objectif nécessite donc des calculs extrêmement pénibles; mais après avoir fait le calcul il faut encore, par une série de tâtonnements, faire des retouches locales. Il est, en effet, à peu près impossible d'obtenir, par un premier travail, des surfaces rigoureusement sphériques; ce n'est que grâce à des retouches locales, exécutées méthodiquement, que l'on parvient à corriger les aberrations d'une façon réellement complète. Il ne faudrait donc pas croire que la construction de l'objectif nécessite uniquement un travail mécanique pouvant être fait par un ouvrier quelconque. L'essai des objectifs relativement aux retouches à effectuer constitue un travail extrêmement délicat.

BIBLIOGRAPHIE.

Soret. *Optique photographique.*
E. Wallon. *Traité élémentaire de l'objectif photographique.*
— *L'objectif photographique.*
Schroeder. *Traité d'optique.*
Steinheil et Voigt. *Handbuch der Angewandter Optik.*

CHAPITRE III.

DESCRIPTION DES OBJECTIFS PHOTOGRAPHIQUES.

§ 1er. — Objectifs simples et objectifs grands angulaires.

1048. Qualités des objectifs simples. — Nous avons décrit (I, **48**) les principaux types d'objectifs simples. Quelques formes nouvelles ont été construites dans ces dernières années. On a cherché à perfectionner ce genre d'objectifs, parce que, à côté de ses défauts, tels que la distorsion des lignes, il présente de sérieuses qualités. Les instruments de ce type donnent des images brillantes, parce que les rayons lumineux ne traversant qu'un seul système et sous une incidence normale ne subissent que peu de pertes par réflexion ou par absorption. Par suite de la position du diaphragme, placé en avant de la lentille, dans une image obtenue à l'aide de cet objectif, les premiers plans sont, par rapport aux derniers, mieux éclairés que lorsqu'on reproduit la même image avec un objectif double. En effet, le diaphragme étant placé en avant de la lentille, les faisceaux lumineux qu'il laisse pénétrer ont un angle d'ouverture qui ne dépend que de la distance du point d'où ils émanent. Dans l'objectif double, au contraire, on place le diaphragme entre les deux lentilles; par suite, le diaphragme est derrière un premier système convergent qui, en modifiant l'angle d'ouverture des faisceaux, permet à un diaphragme de même diamètre de laisser passer une plus grande quantité de lumière; mais cet avantage s'atténue quand le point lumineux se rapproche : les images des points éloignés sont plus éclairées que celles des points voisins; cependant il n'est pas absolument exact de dire que dans ce cas l'objectif double admet plus de lumière que l'objectif simple.

Soit, en effet, un diaphragme de rayon r placé d'abord en avant d'un objectif simple, à une distance δ, puis dans un objectif composé, derrière

une première combinaison de distance focale φ, à une distance $\delta' = -\delta$. Soit un point placé sur l'axe à une distance p_1; dans le cas de l'objectif simple (*fig. 15*), le rayon z du cercle, suivant lequel le faisceau incident rencontre l'objectif, est donné par

$$z = r\frac{p_1}{p_1 - \delta} = r\frac{1}{1 - \frac{\delta}{p_1}};$$

dans le second cas (*fig. 16*), par

$$z' = r\frac{-p'_2}{-p'_2 + \delta'} = r\frac{1}{1 - \frac{\delta'}{p'_2}} = r\frac{1}{1 - \delta'\left(\frac{1}{p_1} - \frac{1}{\varphi}\right)} = r\frac{1}{1 - \frac{\delta'}{p_1} + \frac{\delta'}{\varphi}}.$$

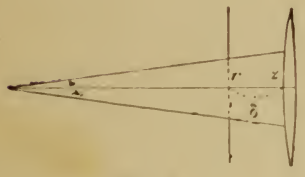


Fig. 15.

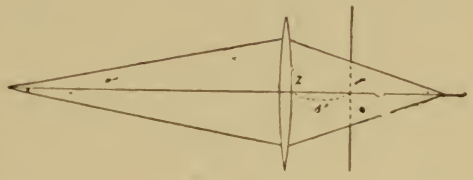


Fig. 16.

Les quantités de lumière admise sont entre elles comme

$$\frac{z^2}{z'^2} = \left(\frac{1 - \frac{\delta}{\varphi} + \frac{\delta}{p_1}}{1 - \frac{\delta}{p_1}}\right)^2.$$

Si le point s'éloigne indéfiniment, $p_1 = \infty$, et il vient

$$\frac{z^2}{z'^2} = \left(1 - \frac{\delta}{\varphi}\right)^2.$$

Quand p_1, supposé fini, diminue, $\frac{\delta}{p_1}$ augmente, le numérateur de la fraction augmente, tandis que le dénominateur diminue; donc, à mesure que le point se rapproche, la quantité de lumière admise croit pour l'objectif simple et décroit pour l'objectif composé. Le désavantage du premier sur le second diminue; il ne disparaîtra complètement que si

$$p_1 = 2\varphi.$$

Pour que l'objectif simple admette plus de lumière que l'autre, il faut que l'on ait

$$p_1 < 2\varphi.$$

1049. Objectifs simples à deux lentilles. — Busch, à Rathenow, construit un objectif simple qui présente la forme plan-

convexe; il est formé d'un ménisque divergent en flint et d'une lentille biconvexe qui lui est collée. La face plane du flint est en regard du diaphragme, la lentille de crown en regard de la surface sensible. Voici les données de ce système pour un objectif de 61 millimètres d'ouverture et 33 centimètres de foyer :

Flint-glass (indice moyen)	$n' = 1{,}6027.$
Crown-glass »	$n = 1{,}5288.$
Rayons de courbure	$R_1 = \infty.$ $R^2 = -99{,}2$ mill.
Épaisseur au centre	$d_1 = 2{,}3$ mill.
Deuxième lentille, rayons de courbure	$R_3 = +99{,}2.$ $R_4 = +85{,}6.$
Épaisseur au centre	$d_3 = 9$ mill.

Fritsch[1], de Vienne, construit des objectifs simples dont le champ est considérable. Il emploie le flint léger pour la lentille tournée vers l'objet et le crown pour la lentille biconvexe; les données de ce système pour un objectif de 0m165 sont les suivantes :

Indices de réfraction : flint-glass	$n' = 1{,}572.$
» » crown-glass	$n = 1{,}537.$
Rayons de courbure : flint	$R_1 = -58$ mm. $R_2 = -71{,}8$ »
» » crown	$R_3 = +71{,}9.$ $R_4 = +236{,}6.$

Ces objectifs sont livrés dans les dimensions suivantes :

DIAMÈTRE DES LENTILLES	LONGUEUR FOCALE PRINCIPALE	PLAQUE COUVERTE
millimètres.	millimètres.	millimètres.
35	165	120 × 90
35	200	150 × 120
45	260	200 × 150
55	355	240 × 180
61	410	280 × 220
81	555	330 × 270

Goerz, opticien à Berlin, construit, sous le nom de Choroscope, un

1. *Phot. Correspondenz*, 1889, p. 11.

objectif simple composé d'un flint dont l'une des faces est presque plane, l'autre concave, la face plane étant tournée vers l'objet, et d'un crown biconvexe.

Les données de ce système, pour un objectif de 40 mill. de diamètre de lentille et 0m190 de distance focale, sont les suivantes[1] :

Indices de réfraction : flint	$n' = 1{,}610.$
» » crown	$n = 1{,}530.$
Lentille de flint	$R_1 = -1423{,}0$; $R_2 = -78{,}9.$
Épaisseur au centre	$d_1 = 2{,}0,$
Lentille de crown	$R_3 = 78{,}9.$; $R_4 = 78{,}9.$
Épaisseur au centre	$d_2 = 6{,}5.$

La plus grande ouverture du diaphragme est $f/13{,}5$; l'angle du champ atteint 70°.

Hartnack a établi, sous le nom d'*anastigmats* pour vues, une série d'objectifs qui donnent des images d'une remarquable netteté. La déformation produite par la courbure des lignes est insensible sur la plus petite dimension de plaques pour laquelle l'objectif est construit; ces instruments sont munis de diaphragmes iris, la plus grande ouverture étant $f/13$; il existe quatre numéros dans cette série.

Nos	DIAMÈTRE DES LENTILLES	DISTANCE FOCALE PRINCIPALE	DIMENSION COUVERTE	
			Plus grand DIAPHRAGME	Plus petit DIAPHRAGME
	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
1	16	106	80 × 100	130 × 180
2	26	175	130 × 180	210 × 270
3	40	217	150 × 210	240 × 280
4	50	355	240 × 280	420 × 540

La forme d'objectif brevetée par Grubb[2] a été modifiée en Angleterre par Schrœder et par Stuart. Une lentille plan convexe est associée à une lentille plan concave dont la concavité est tournée vers

1. Eder, *Jahrbuch f. Photogr.*, 1892, p. 94. — 2. Brevet anglais du 8 octobre 1857. Voyez *Traité encyclopédique de photographie*, I, p. 68.

l'objet à reproduire ; la lentille plan convexe possède l'indice de réfraction le plus élevé. Les données principales de ce système sont les suivantes[1] :

Indice de réfraction de la lentille plan convexe.	Rapport de dispersion des deux verres.	Indice de réfraction de la lentille plan concave.	Rapport des rayons de courbure.
1,61	0,891	1,53	1,094
1,61	0,877	1,52	1,109
1,61	0,864	1,51	1,123
1,61	0,851	1,50	1,138

En mettant à profit les qualités spéciales des verres fabriqués à Iéna, Voigtlaender a construit à la fin de 1888 une nouvelle série d'objectifs simples qui possèdent des qualités remarquables sous le rapport de la profondeur de foyer, de la grandeur de l'angle et du brillant de l'image. Ces objectifs sont munis de diaphragmes rotatifs ; on peut les employer (pour paysages seulement) en utilisant la dimension de plaque immédiatement supérieure à celle qui est indiquée dans le tableau suivant ; mais, dans ce cas, une légère distorsion se manifeste sur les bords de l'image.

N^{os}	DIAMÈTRE DES LENTILLES	DISTANCE FOCALE PRINCIPALE	DIAMÈTRE de L'IMAGE RONDE	DIMENSION normalement couverte.
	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
1	29	144	300	90 × 120
2	33	178	360	120 × 160
3	40	217	450	130 × 210
4	46	256	520	180 × 240
5	53	305	580	210 × 260
6	59	342	640	240 × 300
7	66	400	710	260 × 320
8	79	500	920	300 × 400
9	92	606	1100	400 × 500
10	105	711	1300	500 × 600

Ces objectifs sont composés d'une lentille biconcave de flint regardant l'objet à reproduire et d'une lentille biconvexe de crown collée à

1. *Amateur photographe*, 1891, p. 205.

la précédente. La plus grande ouverture du diaphragme est *f*/15. Le flint employé est d'indice $N_D = 1{,}538$, le crown $N_D = 1{,}510$. Le diamètre du champ total dépasse 90° : c'est ainsi qu'un objectif de 0m217 de foyer couvre un cercle de 0m44 de diamètre. Les rapports des rayons de courbure sont les suivants : 1 : 1.017 : 2.55. Cet objectif remplace très avantageusement les anciennes formes d'objectifs simples.

Steinheil a récemment construit un objectif simple[1] destiné à obtenir dans l'atelier des portraits de grandeur naturelle. Cet objectif a une distance focale principale d'environ 2m75. Lorsqu'il s'agit d'obtenir une image de grandeur naturelle, le tirage nécessaire de la chambre noire est d'environ 5m50 et, par suite, la distance entre le modèle et la glace dépolie est comprise entre 11 et 12 mètres. Cet objectif n'est donc utilisable que dans les ateliers de très grandes dimensions. Les portraits s'obtiennent à la lumière de l'éclair magnésique, combiné avec la lumière diurne.

1050. Objectif simple rapide de Dallmeyer. — Nous avons décrit cet objectif (I, **51**). Voici les dimensions d'un de ces objectifs :

	mm.
Rayons de courbure	$R_1 = +\ 108{,}89$. $R_2 = +\ 30{,}48$. $R_3 = +\ 95{,}35$. $R_4 = +\ 45{,}719$.
Épaisseurs suivant l'axe	$d_1 = 5{,}84$. $d_2 = 1{,}27$. $d_3 = 3{,}84$.
Indices de réfraction (raie D)	$n' = 1{,}51458$. $n'' = 1{,}574013$. $n''' = 1{,}517116$.
	mm.
Rayon d'ouverture des lentilles	$y = 20{,}32$.
Distance focale	$f = 177{,}0$.
Points nodaux	$z_1 = -\ 13{,}59$. $z_2 = -\ 6{,}91$.

Cet objectif est très employé pour l'obtention de vues instantanées.

1051. Objectifs simples de divers constructeurs. — Ross construit depuis quelque temps des lentilles simples à grand angle pour vues; elles sont composées de trois lentilles collées et donnent de bons résultats. Il a adopté les dimensions suivantes :

1. *Paris-Photographe*, 1891, p. 372.

DIAMÈTRE DES LENTILLES	DISTANCE FOCALE PRINCIPALE	DIMENSION DE PLAQUE
millimètres.	millimètres.	millimètres.
38	127	127 × 102
44	164	164 × 114
51	202	215 × 164
57	253	253 × 202
63	303	303 × 253
70	380	380 × 303
76	457	457 × 404

Goerz, de Berlin[1], construit, sous le nom d'objectif triple pour amateur, deux lentilles dont voici les dimensions :

Nos	LONGUEUR FOCALE PRINCIPALE	OUVERTURE	DIMENSIONS COUVERTES	
			Grand diaphragme.	Petit diaphragme.
	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
2	18	32	9 × 12	13 × 18
6	30	40	13 × 18	24 × 30

1052. Objectif simple rectilinéaire de Dallmeyer. — Les données de cet objectif (**52**) sont les suivantes[2] : le ménisque divergent qui tourne sa convexité vers l'objet à reproduire est un flint d'indice $n_D = 1{,}574015$ et $n_G = 1{,}592824$; ses rayons de courbure sont : $R_1 = 0^m{,}07366$ et $R_2 = 0{,}03957$; le ménisque convergent qui lui est collé est en crown d'indice $n_D = 1{,}514591$ et $n_G = 1{,}526595$; ses rayons de courbure sont $R_3 = 0{,}03957$ et $R_4 = 0{,}08388$; l'ensemble est séparé de la troisième lentille par une lame d'air; cette troisième lentille est en crown d'indice $n_D = 1{,}517114$ et $n_G = 1{,}528358$, et les rayons de courbure $R_5 = 0{,}15242$ et $R_6 = 0{,}08961$.

1053. Objectifs à grand angle. — La construction des objectifs donnant un champ considérable présente de grandes difficultés

1. Eder, *Jarbuch f. Photogr. für*, 1889, p. 278. — 2. *Phot. News*, 1889, p. 59.

et les recherches des opticiens ont principalement pour but d'augmenter la clarté de ces objectifs, tout en réduisant autant que possible l'astigmatisme. Si l'on considère un faisceau de rayons lumineux obliques à l'axe de l'objectif, la surface caustique (**38**) du faisceau réfracté est réduite à deux portions très petites, mais distinctes, constituant les *lignes focales*, perpendiculaires entre elles, mais d'autant plus écartées l'une de l'autre que l'axe secondaire est plus oblique. L'astigmatisme est d'autant moins prononcé que les rayons constituant le faisceau incident rencontrent plus normalement les deux faces de la lentille. De là les formes variées que l'on a données à ces divers objectifs : on a cherché soit à augmenter l'amplitude du champ des instruments se rapportant plus ou moins au type *aplanat*, ou bien l'on a cherché à augmenter la clarté des anciens objectifs grands angulaires.

1054. Objectif périgraphe extra-rapide. — Cet objectif tient à la fois du périgraphe par la grandeur du champ et de l'aplanétique par la rapidité. Le diamètre de l'ouverture utile est environ *f*/12, et avec cette ouverture on obtient une image nette sur une surface dont le diamètre est égal aux trois quarts de la distance focale principale. Avec le diaphragme *f*/20, le diamètre devient égal à f : c'est là un avantage très précieux pour la production des images instantanées, parce que, à égalité de surface couverte, et d'ouverture de diaphragme, on peut obtenir un angle assez grand et une grande profondeur de foyer. Si l'on emploie les plus petits diaphragmes, l'objectif fournit d'excellents résultats comme grand angulaire, et le diamètre du champ de netteté est supérieur au double de la longueur focale principale.

1055. Pantoscopes. — Le pantoscope de Busch a été très employé dans ces dernières années pour l'obtention des panoramas, intérieurs, monuments, à cause de l'angle de champ qu'il permet d'obtenir; mais il a l'inconvénient de nécessiter l'usage de petits diaphragmes (**58**). Voici les données de cet objectif, composé de deux lentilles symétriques collées au baume du Canada :

COMBINAISON ANTÉRIEURE.

Ménisque convergent en crown, indice.....		$n = 1{,}5531.$
»	Rayons de courbure.....	$\begin{cases} R_1 = +15{,}389. \\ R_2 = +21{,}474. \end{cases}$
»	Épaisseur au centre.....	$d_1 = 3{,}6.$

Ménisque divergent en flint, indice..... $n_1 = 1{,}6079.$

» Rayons de courbure..... $\left\{ \begin{array}{l} R_2 = +21{,}474. \\ R_3 = +15{,}759. \end{array} \right.$

» Épaisseur au centre..... $d_2 = 04.$

Les deux lentilles sont à une distance..... $D = 25{,}5.$

COMBINAISON POSTÉRIEURE.

Ménisque divergent en flint..... $\left\{ \begin{array}{l} R_4 = -16{,}759. \\ R_5 = -21{,}474. \end{array} \right.$

» Épaisseur au centre..... $d^3 = 0{,}4.$

Ménisque convergent en crown..... $\left\{ \begin{array}{l} R_5 = -21{,}474. \\ R_6 = -15{,}389. \end{array} \right.$

» Épaisseur au centre..... $d_4 = 3{,}6.$

Le Dr Miethe a calculé, en 1889, les données d'un objectif symétrique appelé pantoscope par Hartnack et qui, est construit dans les dimensions suivantes :

Nos	DIAMÈTRE des LENTILLES	DISTANCE FOCALE PRINCIPALE	DIAMÈTRE DE L'IMAGE	DIMENSION DE PLAQUE NETTEMENT COUVERTE
	millimètres.	millimètres.	centimètres.	millimètres.
1	19	93	22	130 × 180
2	25,0	140	33	180 × 240
3	37,5	210	52	270 × 360
4	50,5	280	66	360 × 480

Cet objectif est fabriqué avec les nouveaux verres de Schott et réalise des avantages sur l'ancienne forme : il ne donne pas de tache centrale, l'astigmatisme est réduit à une faible valeur, les rayons de courbure et les dimensions des lentilles ainsi que leurs épaisseurs sont relativement faibles. L'objectif se compose de deux lentilles achromatiques, identiques et symétriquement placées par rapport au diaphragme ; chaque lentille est constituée par un ménisque divergent en flint, tournant sa convexité vers l'extérieur, et par un ménisque convergent en crown qui lui est collé. Les données de ce système sont les suivantes, en prenant comme unité la distance focale principale :

COMBINAISON ANTÉRIEURE.

Ménisque divergent en flint	$R_1 = +0{,}314.$ $R_2 = +0{,}143.$
» Épaisseur au centre	$d_1 = 0{,}009.$
Ménisque convergent en crown	$R_3 = -0{,}143.$ $R_4 = +0{,}223.$
» Épaisseur au centre	$d_2 = 0{,}25.$

COMBINAISON POSTÉRIEURE.

Ménisque convergent en crown	$R_5 = -0{,}223.$ $R_6 = -0{,}143.$
» Épaisseur au centre	$d_3 = 0{,}25.$
Ménisque divergent en flint	$R_7 = -0{,}143.$ $R_8 = -0{,}314.$
» Épaisseur au centre	$d_4 = 0{,}009.$

Indices de réfraction : flint. $N = 1{,}572$ $N_{G'} - N_D = 0{,}01463.$
» » crown. $n = 1{,}510$ $n_{G'} - n_D = 0{,}01005.$

Diamètre de la lentille de flint	0,164.
Ouverture *maxima*	0,0714.
Distance des lentilles de pôle à pôle	0,150.

1056. Grand angulaire apochromatique. — Fritsch, à Vienne, a construit sous le nom d'*apochromatiques* (suivant la terminologie proposée par le Dr Abbe), une série d'objectifs parmi lesquels se trouve un objectif grand angulaire symétrique dans la construction duquel entre le flint-baryte et le crown-phosphate de la verrerie d'Iéna[1]. Cet objectif est d'un très bon emploi pour les vues dans lesquels l'amplitude de l'angle est utile, pour les monuments, les reproductions, etc. Le rapport de l'ouverture au foyer est $f/10$; l'angle est d'environ 100°. Cet objectif est monté comme les aplanats; il est muni d'un iris-diaphragme et d'un dispositif qui met à l'abri de tout accident les verres qui constituent l'objectif, verres qui sont relativement fragiles; la série des instruments construit dans ce système comprend dix numéros :

1. *Phot. Correspondenz*, 1889, p. 11

Nos	OUVERTURE	DISTANCE FOCALE PRINCIPALE	SURFACE COUVERTE	
			A TOUTE OUVERTURE	Avec le plus petit diaphragme.
	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
0	8	60	90 × 50	120 × 90
1	10	100	120 × 90	160 × 120
2	15	150	180 × 130	240 × 180
3	20	200	240 × 180	320 × 240
4	25	250	320 × 220	400 × 300
5	30	300	360 × 270	480 × 360
6	35	350	440 × 310	560 × 420
7	40	400	480 × 360	640 × 480
8	50	500	640 × 450	800 × 600
9	60	600	720 × 540	900 × 720

Les données relatives à cet objectif sont les suivantes :

COMBINAISON ANTÉRIEURE.

Lentille de flint	$R_1 = 44{,}07$
	$R_2 = 30{,}19$
Épaisseur au centre	$d_1 = 2{,}13$
Lentille de crown	$R_3 = 30{,}19$
	$R_4 = 48{,}80$
Épaisseur au centre	$d_2 = 2{,}57$

COMBINAISON POSTÉRIEURE.

Lentille de crown	$R_5 = 54{,}80$
	$R_6 = 30{,}19$
Épaisseur au centre	$d_3 = 2{,}57$
Lentille de flint	$R_7 = 30{,}19$
	$R_8 = 44{,}07$
Épaisseur au centre	$d_n = 2{,}13$
Indice de réfraction du crown	$n_D = 1{,}55894$
» du flint	$n_D = 1{,}57914$
Pouvoir dispersif	1,339

1057. Lynkeioscope grand angulaire. — Goerz, à Berlin, a désigné sous le nom de *Lynkeioscope grand angulaire* un objectif composé de deux lentilles symétriques et admettant une ouverture maxima de *f*/15. L'objectif est destiné à l'obtention des panoramas, des monuments, intérieurs, etc.; le diamètre de l'image

correspond à un angle d'environ 105°. Cette série comprend sept objectifs :

Nos	LONGUEUR FOCALE PRINCIPALE	DIAMÈTRE LIBRE DES LENTILLES	DIMENSION COUVERTE avec LE PLUS PETIT DIAPHRAGME
	millimètres.	millimètres.	millimètres.
000	60	11	90 × 120
00	90	17	130 × 180
0	120	23	180 × 240
1	150	29	240 × 300
2	180	35	300 × 400
3	210	42	360 × 450
4	240	48	400 × 500

Pour les reproductions, le même constructeur livre un objectif grand angulaire dont l'ouverture est *f*/20. Cet instrument donne de bons résultats pour les reproductions de cartes à grandeur égale: dans ce cas, il couvre les dimensions suivantes :

Nos	LONGUEUR FOCALE PRINCIPALE	DIAMÈTRE de la LENTILLE ANTÉRIEURE	DIAMÈTRE de L'IMAGE NETTE
	millimètres.	millimètres.	millimètres.
1	300	20	320
2	500	33	500
3	750	50	660
4	1000	65	860
5	1250	83	1070
6	1500	100	1260
7	1750	110	1400

1058. Objectifs symétriques grand angle. — Ross construit depuis plusieurs années, sous le nom d'objectif symétrique portatif, un instrument dont les dimensions sont remarquablement faibles eu égard à la surface de plaque couverte. Dans ces derniers

temps, cet opticien a adopté les verres de Schott, d'Iéna, pour la construction de ces objectifs, ce qui a permis d'améliorer encore les nombreuses qualités qu'ils possédaient. L'objectif symétrique portatif embrasse un champ circulaire d'environ 85°; il est livré dans douze grandeurs différentes. Pour ce genre d'objectif, Ross, comme le font d'ailleurs tous les bons constructeurs, fabrique des montures en aluminium munies de l'iris diaphragme, ce qui permet de réaliser la légèreté de l'appareil. Cette série comprend douze grandeurs d'objectifs. L'ouverture la plus grande des diaphragmes est *f*/16; la plus petite est *f*/64.

Nos	DIAMÈTRE DES LENTILLES	DISTANCE FOCALE PRINCIPALE	SURFACE COUVERTE	
			Plus grand DIAPHRAGME	Plus petit DIAPHRAGME
	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
1	12,5	76	76 × 76	102 × 76
2	13	102	102 × 76	127 × 102
3	15	127	127 × 102	164 × 127
4	17,5	152	164 × 120	202 × 127
5	20	177	202 × 127	215 × 164
6	22,5	203	215 × 164	228 × 177
7	25,3	228	228 × 177	253 × 202
8	29	253	253 × 202	303 × 253
9	29	304	303 × 253	330 × 270
10	32	380	330 × 270	380 × 303
11	38	457	380 × 303	457 × 404
12	44	531	457 × 404	558 × 506

Pour la reproduction des monuments, lorsqu'il n'est pas possible de s'éloigner du sujet à photographier, il est indispensable d'employer un objectif embrassant un angle aussi grand que possible. Dans ce but, M. Ross a construit un nouvel objectif symétrique grand angle donnant un angle supérieur à 90°; l'ouverture du grand diaphragme est *f*/16, celle du plus petit *f*/64. Cette nouvelle série comprend dix objectifs couvrant les dimensions suivantes :

Nos	DIAMÈTRE DES LENTILLES	DISTANCE FOCALE PRINCIPALE	SURFACE COUVERTE
	millimètres.	millimètres.	millimètres.
1	15	76	127 × 102
2	20	101	183 × 114
3	25,4	127	215 × 164
4	32	152	253 × 202
5	38	177	303 × 253
6	44	203	330 × 270
7	50	228	380 × 303
8	63	303	457 × 404
9	76,2	357	558 × 457
10	82	404	633 × 558

Dans ces derniers temps (mai 1892), Ross a mis en vente un nouvel objectif qu'il désigne sous le nom de *Concentrique*. L'objectif se compose de deux lentilles symétriques présentant leur convexité à l'extérieur. La surface extérieure et la surface intérieure de chaque

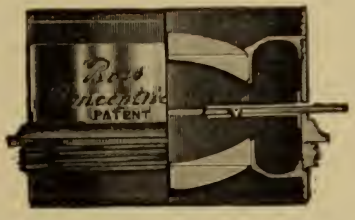


Fig. 17.

combinaison appartiennent à des sphères *concentriques*, de là le nom de l'objectif. C'est donc le contraire des objectifs symétriques ordinaires pour lesquels le rayon de courbure de la face intérieure est plus long que le rayon de courbure de la surface extérieure[1]. Les deux combinaisons sont similaires et toutes deux de caractère anormal. C'est grâce à la fabrication des nouveaux verres de Schott que la construction d'un tel objectif est devenue possible. Le nouvel instrument consiste (*fig. 17*) en deux combinaisons symétriques, achromatiques : chacune se compose d'une lentille plan

1. *Paris-Photographe*, 1892, p. 212.

convexe, associée à une lentille plan concave. Les faisceaux obliques et centraux se coupent en un même point de l'axe et la surface focale est relativement plane eu égard à l'absence d'astigmatisme, de distorsion et d'image réfléchie. Le spectre secondaire est à peu près complètement détruit grâce à l'emploi des verres nouveaux et l'image obtenue possède une très grande finesse. Un objectif de 0^m215 de distance focale principale muni d'un diaphragme *f*/16 couvre nettement une plaque de $0^m253 \times 0^m202$. L'angle embrassé est donc considérable, puisqu'avec ce diaphragme le champ circulaire dépasse 75°. C'est le Dr Schrœder qui a calculé les éléments de ce nouvel objectif, très recommandable pour les photographies de monuments, les rèproductions de cartes, de négatifs destinés à être agrandis, etc.

1059. Objectifs de M. A. Martin. — Nous avons indiqué (**55**) que M. Martin avait construit un objectif panoramique embrassant un angle

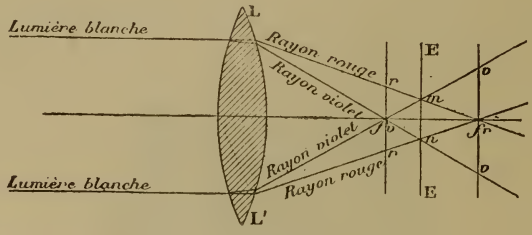


Fig. 18.

d'environ 70°. Voici la marche suivie pour calculer les éléments de cet objectif [1]. On détermine d'abord les indices de réfraction des verres pour trois radiations :

$\lambda = 0^{mm}000589$ jaune ;
$\lambda = 0^{mm}000410$ violet ;
$\lambda = 0^{mm}000451$ indigo.

On cherche à obtenir le même foyer pour les deux premières valeurs de λ, et on s'attache à détruire l'aberration de sphéricité pour cette dernière radiation. Le foyer des rayons violets se forme plus près de la lentille que celui des rayons rouges (*fig. 18*).

Dans un objectif panoramique, il s'agit d'obtenir des images nettes de points situés à d'assez grandes distances angulaires de l'axe. Or, les aberrations de toute nature seront moins grandes si l'angle d'incidence des rayons à la première surface est petit ; cette première surface devra donc

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, juillet 1892.

être fortement convexe. Il est avantageux de former l'objectif de deux couples symétriques entre eux, ce qui permet de se rapprocher le plus possible de la condition de déviation *minima*, condition qui assure une certaine stabilité à la correction des aberrations. Dans chacun des couples, les surfaces en contact auront la même courbure, afin que leurs verres puissent être collés, ce qui diminue la perte de lumière à chaque réfraction.

Les deux couples de verre étant de construction identique, il suffira d'en calculer un, de manière à lui faire remplir les conditions d'achromatisme et d'aplanétisme.

Les deux verres étant à surface de contact commune, le calcul indique deux solutions. Si l'on emploie des verres pour lesquels les rapports des pouvoirs dispersifs

$$\frac{\delta n}{n-1} : \frac{\delta n}{n'-1}$$

est faible, égal par exemple à 0,55, on trouve que les courbures sont peu accentuées; ce rapport croissant graduellement, la surface extérieure du verre léger, d'abord un peu convexe, devient peu à peu d'abord plane, puis concave, tandis que la convexité de la surface extérieure du verre dense va en augmentant. Chacun des deux verres est alors un ménisque : c'est ainsi qu'est construit l'objectif de M. Martin. Il désigne par D la distance du point lumineux à la surface, et appelle *proximité* du point lumineux l'inverse de cette distance. Cette proximité d est donc

$$d = \frac{1}{\mathrm{D}},$$

R étant le rayon de courbure de la surface, v la courbure est

$$v = \frac{1}{\mathrm{R}};$$

elle est donc d'autant plus forte que R est plus petit.

Le foyer (point de convergence des rayons) est à une distance F de la surface; sa proximité est

$$f = \frac{1}{\mathrm{F}}.$$

L'angle d'incidence à la surface réfringente est a^0; l'angle de réfraction correspondant est α^0.

L'angle du rayon incident avec l'axe est d^0 et l'angle du rayon réfracté avec ce même axe sera f^0. Si la réfraction considérée n'est pas la première, la valeur de d_0 sera égale à la valeur de f^0 correspondant à la réfraction précédente. On affecte chacune de ces quantités d'un indice correspondant au rang de la lentille à laquelle elle répond, et, pour distinguer les deux surfaces de chaque lentille, la seconde donne lieu aux mêmes notations, mais accentuées; ainsi

$$d_1 \quad v_1 \quad f_1 \quad a_1^0 \quad \alpha_1^0$$

sont les quantités relatives à la première surface et

$$d_1' \quad v_1' \quad f_1' \quad a_1^{0\prime} \quad \alpha_1^{0\prime}$$

celles relatives à la seconde surface.

En posant $m = \frac{1}{n}$, n désignant l'indice du second milieu par rapport au premier, et par suite

$$1 - m = \frac{n-1}{n},$$

la relation élémentaire propre aux rayons centraux prend la forme

$$(1) \qquad f = (1 - m)v - md.$$

Les rayons rencontrant la surface à une distance y du centre donnent es relations suivantes :

$$(2) \qquad \sin a^0 = \left(1 + \frac{v}{d}\right) \sin d^0;$$

$$(3) \qquad \sin \alpha^0 = m \sin a^0;$$

$$(4) \qquad f^0 = (a^0 - \alpha^0) - d^0;$$

$$(5) \qquad f = \frac{r}{1 + \frac{\sin \alpha^0}{f^0}}.$$

On mesure très exactement, pour les trois radiations choisies, les indices de réfraction des deux verres, qui sont le flint dense et le flint léger.

Flint dense : $n_1 = n_4$.

Jaune	1,5866
Indigo	1,6018
Violet	1,6105

Flint léger : $n_2 = n_3$.

Jaune	1,54207
Indigo	1,5547
Violet	1,56136

On en déduit les pouvoirs dispersifs, et, au moyen de certaines relations [1], on calcule les courbures à donner aux verres pour obtenir une lentille double qui, *en négligeant les épaisseurs*, soit achromatique et aplanétique.

On prend des longueurs proportionnelles aux nombres trouvés comme valeur des courbures, et on trace, en tenant compte du diamètre que doivent avoir les verres, une épure indiquant l'épaisseur qu'il est nécessaire de leur donner pour que l'objectif soit réalisable. L'écartement des deux combinaisons symétriques, dont l'ensemble constitue l'élément complet, est déterminé d'après la nature de l'objectif que l'on veut obtenir, suivant que

1. *Annales de l'École normale supérieure*, 1877, VI, *Supplément*, pp. 36, 37.

l'on cherche un grand angle ou une grande clarté. Il est d'autant moindre que les surfaces intérieures du verre léger sont plus concaves et par suite que le rapport des pouvoirs dispersifs est plus près de l'unité. On choisit ainsi une première valeur approchée pour cet écartement.

Par le calcul trigonométrique on suit la marche des rayons centraux, de manière à modifier peu à peu les courbures fournies par le calcul direct. Lorsqu'on arrive à la surface de sortie du premier couple, on calcule à nouveau sa courbure, de manière à satisfaire exactement, pour ces rayons centraux, à la condition d'achromatisme. Il faut que la courbure r'_2 soit telle que les rayons jaunes et violets, qui, après les deux premières réfractions, ont des foyers différents, viennent, après cette troisième réfraction, couper l'axe au même point. Or, si l'on a

$$f'_2 = n_2 d'_2 - (n_2 - 1) r'_2,$$

il faut que cette valeur soit la même pour les rayons jaunes et les rayons violets; donc

$$(n_2 d'_2)_j - (n_2 - 1)_j r'_2 = (n_2 d'_2)_v - (n_2 - 1)_v r'_2,$$

mais

$$(n_2 - 1)_v - (n_2 - 1)_j = \delta n,$$

par suite

$$r'_2 = \frac{(n_j d'_2)_v - (n_2 d'_2)_j}{\delta n},$$

valeur de r'_2 qui donnera pour les deux radiations extrêmes la même valeur de f'_2, et, pour la radiation moyenne, un foyer très voisin. Mais dans les systèmes à lentilles épaisses, l'achromatisme varie avec la distance du point radiant. Il faut chercher quelle valeur il convient de donner à r_3 pour que le système entier soit achromatique.

Dans ce but, à travers la seconde lentille identique à la première, on suit la marche des rayons jaune et violet que le premier système a amené à un premier foyer : on obtient un nouveau foyer qui n'est pas exactement le même pour les deux radiations. Considérant l'un de ces foyers, le dernier par exemple, comme source de lumière blanche, on fait revenir en arrière les rayons sur la convexité du flint, et l'on trouve la valeur de r_3, qui, substituée à celle de r'_2 que l'on a employé, aurait donné l'achromatisme en ce point, source de lumière blanche. On prend alors pour R'_2 et R_3 la moyenne arithmétique des deux nombres ainsi obtenus.

On recommence le calcul avec cette nouvelle valeur

$$r'_2 = r_3 = \frac{1}{\frac{1}{2} R'_2 + \frac{1}{2} R_3};$$

puis, à l'aide des formules (2), (3), (4), (5), on suit la marche d'un rayon parallèle à l'axe à une distance y. Les radiations extrêmes devront donner sensiblement le même foyer, et si l'objectif est aplanétique, les rayons de radiation moyenne (indigo) devront converger au même point que les rayons centraux de même couleur.

S'il n'en est pas ainsi, on change le rapport des courbures du flint dense,

mais sans changer leur différence, et on calcule à nouveau la dernière courbure du flint léger. Le pouvoir de l'objectif n'aura varié que peu (puisque la différence des courbures reste la même), mais l'aberration se sera modifiée.

Quand on a obtenu l'achromatisme et un aplanétisme suffisant, on détermine l'écartement E des deux combinaisons, de manière à réaliser la condition de Prasmowski; on cherche à faire varier E, de manière que la relation

$$\cos a_1 \times \cos a'_1 \times \cos a'_2 \times \cos a_3 \times \cos a'_3 \times \cos a'_4 = \cos \alpha_1 \times \cos \alpha'_1 \times \cos \alpha'_2 \times \cos \alpha_3 \times \cos \alpha'_3 \times \cos \alpha'_4$$

soit satisfaite. On écrit que le produit des cosinus des angles d'incidence est égal au produit des cosinus des angles de réfraction. La déviation des rayons par l'objectif entier est un *minimum*.

Si l'on compare les nombres trouvés pour les rayons marginaux à ceux que l'on obtient pour les rayons centraux, on a la grandeur de l'aberration sphérique pour les trois radiations. Dans l'objectif panoramique calculé par M. Martin, les rayons centraux, qui rencontrent l'axe plus loin que les rayons marginaux pour le jaune, le rencontrent plus près pour le violet; il y a donc une zone de l'ouverture pour laquelle il y a aplanétisme et achromatisme, ou mieux synchromatisme.

1058. Euryscopes à grand angle. — En utilisant les nouveaux verres d'Iéna à la construction des euryscopes grands angulaires, M. Voigtlaender a réalisé de nombreux avantages : il a pu réduire considérablement l'astigmatisme et détruire l'aberration de sphéricité suivant l'axe, tout en maintenant une ouverture relativement grande. Les euryscopes grands angulaires construits pour les vues, monuments, intérieurs, admettent une ouverture de *f*/11; ils se fabriquent en sept dimensions différentes.

Nos	OUVERTURE de L'OBJECTIF	FOYER ABSOLU	DIMENSION DE L'IMAGE Nettement couverte.	DIAMÈTRE de L'IMAGE RONDE
	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
1	11	113	90 × 120	260
2	13	140	130 × 180	320
3	15	168	160 × 210	380
4	17	198	180 × 240	440
5	22	244	240 × 300	510
6	26	282	300 × 400	560
7	31	342	400 × 500	700

Les verres employés pour la construction de ces objectifs présentent des indices $nD = 1{,}56$ et $nD = 1{,}512$; les rayons de courbure sont dans les rapports suivants 1,95 : 1 : 2,92.

S'il s'agit de reproduire des cartes, gravures, l'importance de la grandeur de l'angle embrassé diminue; il devient au contraire très important d'avoir un champ bien plan et présentant le maximum de netteté. Les curyscopes grands angulaires pour reproduction possèdent une ouverture relative de *f*/14; ils permettent d'obtenir des images de grande dimension, comme cela résulte du tableau indiquant la série construite par M. Voigtlaender :

N°s	OUVERTURE de L'OBJECTIF	FOYER ABSOLU	DIMENSION Nettement couverte.	DIAMÈTRE de L'IMAGE RONDE
	millimetres.	millimètres.	millimetres.	millimètres.
8	33	421	400 × 500	780
9	40	527	500 × 600	950
10	46	659	600 × 700	1200
11	53	843	750 × 1000	1500

Les rayons de courbure des lentilles sont dans les rapports suivants : 2,1 : 1 : 2,6.

§ 2. — OBJECTIFS A GRANDE OUVERTURE.

1059. Modifications de l'objectif double de Petzval. — La première condition que l'on cherche à réaliser dans l'objectif double, c'est la clarté, tout en obtenant un aplanétisme et un achromatisme rigoureux suivant l'axe. La qualité de l'image sur les bords peut être médiocre : on n'utilise pas en effet ces bords, et la valeur de l'aberration de sphéricité, de l'astigmatisme, de la distorsion peut y être considérable, étant donné qu'il n'est pas nécessaire que l'objectif embrasse un grand champ.

On tend cependant à abandonner cette forme d'objectif pour les types *symétriques* ou bien pour les anastigmats, auxquels on donne une grande ouverture et dont on réduit l'angle du champ. Il est vrai

que par l'emploi de ces nouveaux types la rapidité réalisée dans l'exposition de la plaque à la lumière peut quelquefois (très rarement en pratique) laisser à désirer; mais étant donné la sensibilité actuelle des plaques photographiques, on peut presque toujours opérer assez rapidement et, en somme, l'on obtient une image meilleure que celle fournie par l'objectif Petzval.

C'est là ce qui explique pourquoi les modifications de l'objectif à portraits ont été peu nombreuses dans ces dernières années, depuis que l'emploi du gélatino-bromure d'argent s'est généralisé dans les ateliers de photographie.

On sait que les premiers objectifs construits suivant les données de Petzval n'étaient pas achromatiques. En France, Hermagis paraît être le premier opticien qui soit parvenu à construire un objectif de ce système, exempt de foyer chimique.

Voigtlaender construisait ses premiers objectifs simples sur les données suivantes pour un objectif de 0^m145 de foyer, le diamètre de la lentille antérieure étant égal à 0^m040 :

Indice de réfraction du crown lourd.....	$n_D = 1{,}517$
» » flint léger.....	$n_D = 1{,}575$

COMBINAISON ANTÉRIEURE

Crown biconvexe.....	$R_1 = +79{,}02.$
» »	$R_2 = +62{,}42.$
Flint biconcave.....	$R_3 = -62{,}42.$
» »	$R_4 = -750{,}7.$

COMBINAISON POSTÉRIEURE.

Flint convexe concave.....	$R_5 = +158{,}04.$
» » »	$R_6 = +55{,}3.$
Crown biconvexe.....	$R_7 = +68{,}55.$
» »	$R_8 = +223{,}89.$

L'objectif ainsi construit présente un foyer chimique; sa clarté est fort grande.

A partir du 28 mai 1858, Voigtlaender supprima cette différence de foyer chimique de ses objectifs en adoptant pour la construction de la combinaison antérieure un crown d'indice de réfraction $n_D = 1{,}515$ et en modifiant le rayon de courbure R_4. Les instruments d'un numéro de fabrication plus élevé que 7200 sont exempts de foyer chimique. Il n'est cependant pas rare de constater que les anciens

objectifs à portraits de cette marque ont été retouchés de manière à supprimer cette différence des deux foyers.

Sutter, à Bâle, a adopté les rayons de courbure suivants pour un objectif à portraits de 0m36 de foyer :

COMBINAISON ANTÉRIEURE.

1. Indice de réfraction du crown biconvexe...	$n = 1{,}532$
Rayons de courbure.....	$R_1 = +\ 209{,}929$
»	$R_2 = +\ 172{,}261$
Épaisseur.....	$d_1 = 10{,}5$
2. Indice de réfraction du flint biconcave.....	$n' = 1{,}589$
Rayons de courbure.....	$R_3 = -\ 172{,}261$
»	$R_4 = -\ 1554{,}57$
Épaisseur.....	$d_2 = 3{,}8$

COMBINAISON POSTÉRIEURE.

3. Indice de réfraction du crown.....	$n = 1{,}536$
Rayons de courbure.....	$R_5 = +\ 302{,}391$
»	$R_6 = -\ 148{,}305$
Épaisseur.....	$d_3 = 5{,}3$
Distance des deux lentilles.....	$\delta = 4{,}5$
4. Indice de réfraction du flint.....	$n' = 1{,}570$
Rayons de courbure.....	$R_7 = +\ 188{,}736$
»	$R_8 = +\ 643{,}371$
épaisseur	$d = 8{,}2$

La combinaison antérieure est séparée de la combinaison postérieure par une distance $\Delta = 118{,}0$. Cet objectif est une variante de l'objectif à portrait modifié par Dallmeyer (**69**).

Voigtlaender, en 1890, a modifié la forme de l'objectif de Petzval dans le but d'obtenir plus de rapidité. Il a adopté les données suivantes pour un objectif de 0m167 de foyer et 0m052, désigné sous le nº 3 B.

COMBINAISON ANTÉRIEURE.

Indice de réfraction du crown biconvexe.....	$n_D = 1{,}515$
Rayons de courbure.....	$R_1 = +\ 86{,}9$
»	$R_2 = +\ 75{,}0$
Indice de réfraction du flint léger biconcave..	$n'_D = 1{,}575$
Rayons de courbure.....	$R_3 = -\ 75{,}0$
»	$R_4 = -\ 420{,}0$

COMBINAISON POSTÉRIEURE.

Indice de réfraction du crown dur.....	$n_D = 1{,}517$
Rayons de courbure(ménisque convergent).	$R_5 = +\ 65{,}7$
» » ..	$R_6 = -\ 56{,}0$
Indice de réfraction du flint léger.....	$n_D = 1{,}575$
Rayons de courbure.....	$R_7 = 48{,}5$
»	$R_8 = +\ 101$

Cette forme d'objectif est semblable à celle adoptée par Dallmeyer (**69**). Elle se construit dans cinq dimensions qui constituent la série B.

1060. Euryscopes rapides. — Depuis 1888, M. Voigtlaender construit des euryscopes rapides dans la fabrication desquels entrent les nouveaux verres d'Iéna. Le rapport du diamètre de l'ouverture à la distance focale est 1 : 4, et ces objectifs remplacent avantageusement les anciens objectifs à portraits pour le travail dans l'atelier, en particulier pour l'obtention des groupes; ils ont le même diamètre que ceux de la série B; en effet :

Nos	OUVERTURE de L'OBJECTIF	FOYER ABSOLU	DIMENSION COUVERTE NORMALEMENT	DIAMÈTRE de L'IMAGE RONDE
	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
3 *B*	53	174	90 × 120	180
4 *B*	66	209	120 × 160	230
5 *B*	79	245	150 × 180	280
6 *B*	92	306	180 × 240	330
7 *B*	105	395	260 × 310	420

Nos	OUVERTURE de L'OBJECTIF	FOYER ABSOLU	DIMENSION COUVERTE NORMALEMENT	DIAMÈTRE de L'IMAGE RONDE
	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
3	53	202	120 × 160	215
4	66	226	150 × 180	280
5	79	309	180 × 240	330
6	92	378	210 × 260	380
7	105	470	290 × 340	470

Il est quelquefois utile, pour l'obtention des groupes en particulier, d'avoir un objectif très rapide et dont le champ soit relativement grand. Un tel instrument est aussi très précieux dans les ateliers dont la longueur serait insuffisante si l'on ne possédait que des objectifs de foyer moyen. L'euryscope pour portraits, d'ouverture relative 1 : 4,5, rendra des services dans ces cas particuliers. Les

quatre premiers numéros pourront en pratique être utilisés pour obtenir des images instantanées lorsque le manque de lumière ou bien l'excessive rapidité de l'obturateur serait un obstacle insurmontable si l'on employait d'autres objectifs. Cette série comprend huit grandeurs d'objectifs :

Nos	OUVERTURE de L'OBJECTIF	FOYER ABSOLU	DIMENSION Normalement couverte.	DIAMÈTRE de L'IMAGE RONDE
	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
1 A	40	163	100 × 130	185
2 A	46	198	120 × 160	215
3 A	53	217	130 × 180	240
4 A	66	286	160 × 210	310
5 A	79	344	210 × 260	380
6 A	92	412	240 × 300	420
7 A	105	514	300 × 400	510
8 A	132	672	400 × 500	650

Les euryscopes 1 : 4,5 sont établis sur les données suivantes : les indices des matières employées pour la raie sont $Dn = 1{,}60$, 1,626 et 1,545. Les rapports des rayons de courbure sont comme 2,25 : 1 : 4,9.

Il y a avantage pour l'obtention des vues instantanées à employer un objectif d'un angle assez grand. Si l'on désire en même temps un instrument présentant une grande profondeur de foyer, supérieure à celle que donnent les objectifs à portraits, il conviendra d'employer l'euryscope rapide d'ouverture 1 : 5.6. La grandeur du champ, la netteté de l'image, la rapidité que donnent les objectifs de cette série les rendent précieux pour les travaux de l'atelier et pour l'obtention des instantanées en plein air. Employés à toute ouverture, ces objectifs sont plus rapides que les antiplanats : ils sont donc supérieurs à ces instruments pour l'obtention des images instantanées, images qui nécessitent l'emploi d'objectifs très lumineux. Dans bien des ateliers ils ont remplacé l'ancienne forme d'objectif Petzval.

M. Voigtlaender construit dix numéros de cette série :

Nos	OUVERTURE de L'OBJECTIF	DISTANCE FOCALE PRINCIPALE	DIMENSION Normalement couverte.	DIAMÈTRE de L'IMAGE RONDE
	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
0	26	127	90 × 120	200
00	33	174	130 × 180	270
1	40	216	130 × 210	320
2	46	254	180 × 240	385
3	53	291	210 × 260	420
4	66	382	240 × 300	510
5	79	448	300 × 400	620
6	92	547	400 × 500	740
7	105	655	500 × 600	870
8	132	852	600 × 700	1100

Le champ de cet objectif est d'environ 70°. Les indices de réfraction des verres employés pour la construction de ces objectifs sont $n_D = 1{,}565$ et 1,507. Les rayons de courbure sont dans les rapports suivants : 2,3 : 1 : 3,3.

M. Voigtlaender a réussi à augmenter l'angle embrassé par les euryscopes extra-rapides de la série précédente sans réduire considérablement la clarté. L'euryscope rapide grand angulaire embrasse un angle de 80° et admet encore une ouverture relative de 1 : 6, ce qui est suffisant pour le travail de l'atelier.

Le tableau suivant montre qu'avec une longueur focale faible ces euryscopes couvrent une dimension de plaque plus grande que celle qui est couverte par les instruments de la série précédente :

Nos	OUVERTURE de L'OBJECTIF	DISTANCE FOCALE PRINCIPALE	DIMENSION Normalement couverte.	DIAMÈTRE de L'IMAGE RONDE
	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
0	26	138	130 × 180	280
00	33	201	180 × 240	370
1	40	237	210 × 260	420
2	46	278	240 × 300	470
3	53	318	290 × 340	530
4	66	395	300 × 400	650
5	79	487	400 × 500	750

Les verres employés pour la construction de ces euryscopes présentent les indices de réfraction $n_D = 1{,}56$ et $n_D = 1{,}505$; les rayons de courbure sont dans les rapports suivants : 2,09 : 1 : 3.

L'euryscope destiné à la photographie des vues, reproductions, etc., possède la même rapidité que les aplanats, rectilinéaires, etc. Son ouverture relative est 1 : 7,75, et l'angle du champ est d'environ 78°. Il n'est à peine assez rapide pour tous les travaux de l'atelier du photographe, mais il est précieux pour l'obtention des groupes en plein air. Comme le montre le tableau ci-dessous, il permet d'obtenir des images de très grandes dimensions :

Nos	OUVERTURE de L'OBJECTIF	DISTANCE FOCALE PRINCIPALE	DIMENSION Nettement couverte.	DIAMÈTRE de L'IMAGE RONDE
	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
0 A	26	178	130 × 180	340
00 A	33	240	160 × 210	420
1 A	40	295	180 × 240	480
2 A	46	358	240 × 300	560
3 A	53	421	300 × 400	630
4 A	66	500	400 × 500	730
5 A	79	609	500 × 600	880
6 A	92	724	600 × 700	1030
7 A	105	869	700 × 800	1200
8 A	132	1080	900 × 1000	1500

Les matières employées pour la construction de cet euryscope ont des indices $n_D = 1{,}505$ et $n_D = 1{,}507$. Les rayons de courbure sont dans les rapports suivants : 1,98 : 1 : 2,8.

1061. Les antiplanats. — Cette forme d'objectifs (**73**) a été récemment perfectionnée, grâce à l'emploi de matières nouvelles permettant d'étendre la dimension du champ de netteté. Steinheil, à Munich, Fritsch, à Vienne, construisent spécialement ce genre d'objectifs.

1062. Les aplanats. — Les aplanats ont profité des progrès réalisés dans la construction des verres d'optique. En France, MM. Berthiot, Darlot, Derogy, Hermagis et tous les bons opticiens ont pu introduire des perfectionnements sérieux sous le rapport de la cor-

rection des aberrations, de l'augmentation de la clarté et d'une diminution de l'astigmatisme. Les objectifs de ces constructeurs sont d'un excellent emploi.

En Autriche, Fritsch a construit trois séries d'aplanats à grande ouverture.

La première, A, désignée sous le nom d'*aplanats pour portraits,* admet les objectifs ayant une ouverture *maxima* de 1 : 4,5 ; elle comprend neuf objectifs.

Nos	DIAMÈTRE des LENTILLES	DISTANCE FOCALE PRINCIPALE	DIMENSION COUVERTE	
			Grand diaphragme.	Plus petit diaphragme.
	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
1	35	140	90 × 60	120 × 90
2	40	170	120 × 90	150 × 120
3	50	190	150 × 120	170 × 150
4	55	220	170 × 150	200 × 170
5	65	280	220 × 170	240 × 220
5	80	340	270 × 220	300 × 270
7	95	400	320 × 250	300 × 340
8	110	510	400 × 320	400 × 520
9	130	650	520 × 400	520 × 600

La seconde série, B, est composée d'objectifs ayant une ouverture 1 : 5,5, et destinés à l'obtention des groupes ; elle comprend dix objectifs.

Nos	DIAMÈTRE des LENTILLES	DISTANCE FOCALE PRINCIPALE	DIMENSION COUVERTE	
			Grand diaphragme.	Plus petit diaphragme.
	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
1	25	120	100 × 80	120 × 90
2	35	170	120 × 90	180 × 130
3	45	240	160 × 130	240 × 180
4	55	290	180 × 160	270 × 210
5	62	330	200 × 170	300 × 240
6	70	380	240 × 180	330 × 270
7	85	450	300 × 240	400 × 300
8	97	550	330 × 270	500 × 400
9	110	650	420 × 340	600 × 500
10	130	800	570 × 470	700 × 600

La série C renferme les aplanats d'ouverture 1 : 8 ; les instruments de ce type sont désignés sous le nom d'aplanats pour reproduction.

Nos	DIAMÈTRE des LENTILLES	DISTANCE FOCALE PRINCIPALE	DIMENSION COUVERTE	
			Grand diaphragme.	Plus petit diaphragme.
	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
1	8	60	40 × 30	80 × 60
2	15	90	70 × 50	100 × 80
3	20	120	80 × 60	120 × 90
4	25	150	90 × 80	150 × 140
5	30	180	120 × 90	180 × 130
6	35	230	180 × 130	220 × 180
7	45	280	210 × 160	270 × 210
8	55	360	240 × 180	330 × 270
9	70	450	260 × 220	400 × 300
10	85	550	330 × 270	500 × 400
11	100	650	400 × 300	600 × 500
12	130	850	500 × 400	750 × 650

Goerz, à Berlin, construit sous le nom de Lynkeioscope extra-rapide des aplanats dont le rapport du diamètre de l'ouverture à la longueur focale principale varie de 1/5 à 1/5,5. Ces instruments constituent une série comprenant quinze numéros :

Nos	OUVERTURE UTILE	DISTANCE FOCALE PRINCIPALE	DIMENSION COUVERTE	
			Grand diaphragme.	Petit diaphragme.
	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
000	12	60	40 × 40	60 × 60
00	18	90	50 × 70	70 × 100
0	23	120	60 × 80	90 × 120
1	29	150	90 × 120	120 × 160
2	35	180	100 × 130	130 × 180
3	40	210	120 × 160	180 × 240
4	43	240	130 × 180	210 × 270
5	46	270	130 × 210	240 × 300
6	53	300	150 × 210	240 × 300
7	64	360	180 × 240	300 × 400
8	75	480	240 × 300	400 × 500
9	86	600	300 × 400	500 × 600
10	125	750	400 × 500	600 × 700
11	150	900	500 × 600	800 × 900

Ces lynkeioscopes extra-rapides ressemblent beaucoup aux euryscopes; comme ces derniers, ils ont remplacé dans un grand nombre d'ateliers l'ancien objectif double à portraits.

Le Lynkeioscope rapide est un instrument dont la clarté est un peu moins grande que celle du précédent (*f*/6 à *f*/6,5); mais il est encore d'un emploi pratique pour l'obtention des portraits dans l'atelier. Les instruments de ce type sont compris dans la série D.

Nos	OUVERTURE UTILE	DISTANCE FOCALE PRINCIPALE	DIMENSION COUVERTE	
			Grand diaphragme.	Petit diaphragme.
	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
000	9	60	30 × 30	50 × 50
00	15	90	40 × 40	60 × 60
0	20	120	50 × 70	70 × 100
1	25	150	60 × 80	90 × 120
2	31	180	90 × 120	130 × 180
3	35	210	120 × 160	130 × 210
4	37	240	130 × 180	180 × 240
5	40	270	130 × 180	210 × 270
6	47	300	130 × 210	240 × 300

Le type Lynkeioscope grand-angulaire rapide admet un rapport d'ouverture variant de *f*/7 à *f*/8, suivant la dimension de l'appareil; cet objectif est comparable à l'aplanat de Steinheil. Goerz a d'ailleurs adopté certaines dispositions optiques réalisées dans l'aplanat. Cette série E comprend neuf dimensions d'objectifs.

Nos	OUVERTURE UTILE	DISTANCE FOCALE PRINCIPALE	DIMENSION COUVERTE	
			Avec grand diaphragme.	Petit diaphragme.
	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
000	9	60	40 × 55	60 × 80
00	12	90	60 × 80	90 × 120
0	15	120	80 × 100	130 × 180
1	20	150	90 × 120	130 × 210
2	23	180	120 × 160	210 × 270
3	26	210	130 × 180	240 × 300
4	30	240	130 × 210	270 × 330
5	34	270	180 × 240	300 × 400
6	38	300	210 × 270	360 × 450

Une disposition de tout point semblable à celle qui est adoptée par Steinheil est employée par Goerz pour la construction de l'objectif qu'il désigne sous le nom de Paraplanat-Rapide. Cet objectif, destiné à la production des images instantanées, admet une ouverture voisine de *f*/8 et donne un champ d'environ 80°, comme cela résulte de l'examen du tableau suivant :

Nos	OUVERTURE UTILE	DISTANCE FOCALE PRINCIPALE	DIMENSION COUVERTE	
			Grand diaphragme.	Petit diaphragme.
	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
1	19	150	90 × 120	130 × 210
2	26	210	120 × 160	240 × 300
3	35	270	130 × 180	300 × 400

Les données servant à la construction de l'objectif de 0m27 de foyer, sont :

COMBINAISON ANTÉRIEURE.

Indice de réfraction du verre de la première lentille. $n' = 1{,}663.$

Rayons de courbure..... $\begin{cases} R_1 = +55{,}57. \\ R_2 = +24{,}93. \end{cases}$

Épaisseur..... $d_1 = 2{,}8.$

Indice de réfraction du verre de la seconde lentille.. $n = 1{,}592.$

Rayons de courbure..... $\begin{cases} R_3 = +24{,}93. \\ R_4 = +71{,}68. \end{cases}$

Épaisseur..... $d_3 = 6{,}8.$

La combinaison postérieure présente exactement les mêmes dimensions que la combinaison antérieure. La distance qui sépare les deux lentilles, distance mesurée intérieurement suivant l'axe, est $\Delta = 26{,}8$.

1063. Les rectilinéaires rapides. — T.-R. Dallmeyer a calculé une nouvelle série d'objectifs rectilinéaires, désignés sous le nom d'extra-rapides. Ces objectifs, dans la combinaison desquels entrent de nouvelles matières, sont surtout utiles pour le travail rapide par un temps couvert. L'ouverture moyenne est *f*/5,6; donc leur rapidité est le double de celle des rectilinéaires rapides. Ils sont construits avec le soin et la précision qui caractérisent les productions de cet habile opticien et permettent d'obtenir des épreuves absolu-

ment nettes jusqu'au format $0^m24 \times 0^m30$, comme cela ressort du tableau suivant :

Nos	DIAMÈTRE des LENTILLES	DISTANCE FOCALE PRINCIPALE	DIMENSION MAXIMA
	millimètres.	millimètres.	millimètres.
1	22	135	90 × 120
2	32	165	120 × 150
3	35	195	130 × 180
4	38	213	150 × 210
5	40	235	165 × 220
6	44	250	200 × 240
7	51	285	240 × 300

Ross vient de terminer une série analogue à la précédente sous le rapport de la rapidité. Les instruments de cette série sont destinés à remplacer les anciens objectifs universels de ce constructeur, objectifs dont la réputation n'est plus à faire. Les nouveaux *symétriques universels* admettent une ouverture *f*/5, 6 et permettent d'obtenir des épreuves sur des plaques de dimensions fort grandes. Les onze dimensions suivantes sont actuellement dans le commerce.

DIAMÈTRE des LENTILLES	DISTANCE FOCALE PRINCIPALE	DIMENSION COUVERTE pour PAYSAGES	DIMENSION COUVERTE pour GROUPES
millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
25	112,5	102 × 78	75 × 75
32	150	127 × 102	102 × 78
38	165	170 × 127	127 × 102
43	225	202 × 127	170 × 127
51	262	215 × 164	202 × 127
56	303	228 × 188	215 × 164
65	355	253 × 202	228 × 188
73	404	303 × 253	253 × 202
83	457	330 × 270	303 × 253
93	506	380 × 303	330 × 270
112	608	457 × 404	380 × 303
137	760	558 × 457	457 × 404

Swift, à Londres, construit sous le nom d'objectif universel Paragon un instrument du type des objectifs à portraits de Voigtlaender, d'ouverture *f*/5,6. Le *Paragon* du même constructeur est tout à fait semblable à l'aplanat d'ouverture *f*/8.

En France, tous nos bons opticiens construisent des rectilinéaires extra-rapides. MM. Berthiot (lauréat de la Société française de photographie pour ce genre d'objectif), Bézu et Hauzer, Clément et Gilmer, Darlot, Derogy, Français, Hermagis, Jarret, Zion, etc., exécutent ces objectifs d'une façon vraiment remarquable et à des prix bien inférieurs à ceux indiqués par leurs confrères de l'étranger.

Un très habile constructeur de Rochester, E. Gundlach, dont les objectifs de microscopes sont appréciés par tous les micrographes, a modifié la construction de l'aplanat. Au lieu d'employer deux lentilles pour constituer chacune des combinaisons de l'instrument, Gundlach en emploie trois et arrive ainsi à une correction plus complète des aberrations. L'instrument est livré sous le nom de *Rectigraphe* ou de *Périgraphe*. Il est formé de deux combinaisons symétriques comprenant chacune un ménisque de flint et deux ménisque de crown[1]. M. Berthiot, à Paris, avait adopté une disposition semblable dès 1882 et a même livré des objectifs ainsi construits ; mais la fabrication de tels instruments étant coûteuse et l'emploi des anciennes matières ne permettant pas de réaliser de grands avantages, M. Berthiot a renoncé à la fabrication de ces instruments.

1064. L'orthoscopique. — Nous avons décrit (**80**) l'orthoscopique de Petzval, composé d'une combinaison frontale semblable à celle de l'objectif à portraits, et d'une combinaison négative formée d'une lentille de crown-biconcave placée à une petite distance d'une lentille de flint concave-convexe.

Les données de ce système[2] sont les suivantes pour un objectif dont la lentille antérieure a un diamètre de 0m04, la combinaison négative 0,026 et la distance focale de l'ensemble 0,286.

COMBINAISON ANTÉRIEURE.

Indice de réfraction du flint léger.....	$n_D = 1{,}575.$
Rayons de courbure.....	$R_1 = 79{,}02.$ $R_2 = 62{,}42.$

1. *Phot. Herald*, août 1891. — 2. Eder, *Ausführliches Handbuch der Photographie* I, 1891, p. 138.

Indice de réfraction du crown lourd.....	$n_D = 1{,}517.$
Rayons de courbure.....	$R_3 = -62{,}42.$ $R_4 = +750{,}7.$

COMBINAISON POSTÉRIEURE.

Lentille biconcave en crown dur; rayons de courbure.....	$R_5 = -197{,}55.$ $R_6 = +111{,}76.$
Lentille concave-convexe en flint léger; rayons de courbure.....	$R_7 = -289{,}7.$ $R_8 = +79{,}02.$

La plupart des orthoscopes qui ont été construits n'étaient pas en réalité des objectifs rapides; il fallait employer des diaphragmes dont l'ouverture variait de *f*/18 à *f*/25 pour obtenir de bonnes images. Le rapport de l'ouverture totale à la longueur focale était voisine de *f*/10.

§ 3. — Les anastigmats.

1065. Les anastigmats de Zeiss [1]. — Le célèbre opticien Zeiss, d'Iéna, dont le nom est connu de tous les micrographes, a fabriqué plusieurs séries d'objectifs photographiques, dont les lentilles sont établies d'après des formules nouvelles. On ne peut appliquer ces formules qu'à l'aide de verres spéciaux ayant un indice de réfraction *élevé* et un pouvoir dispersif relativement *faible*. Les progrès récents réalisés en Allemagne dans l'art du verrier sont en partie dus aux subventions considérables dont le gouvernement de ce pays a doté cette branche si importante de l'optique. Certaines personnes, dans un but plus ou moins intéressé, ayant émis des doutes au sujet des bons résultats que l'on peut obtenir par l'emploi de ces nouveaux produits, il nous paraît indispensable de donner quelques détails sur les avantages que présentent ces verres.

On sait que les matières utilisées habituellement pour la construction des objectifs sont les *flints* et les *crowns*. Les premiers (silicates de potasse et de plomb) réfractent assez fortement la lumière et possèdent un pouvoir dispersif assez élevé; les seconds (silicates de potasse et de chaux) dispersent peu la lumière et la réfractent relativement peu. Avec ces anciennes matières, il n'est pas possible de modifier le pouvoir dispersif sans que la réfraction n'augmente ou ne

1. *Aide-Mémoire de photographie pour* 1891, p. 85.

diminue en même temps; ce sont là des faits bien connus de tous ceux qui possèdent les notions les plus sommaires de l'optique.

Les formules qui font connaître les rayons de courbures employés dans la fabrication des meilleurs objectifs photographiques exigent que l'on se serve de crown et de flint, dans lesquels la dispersion dans les diverses régions du spectre montre une proportion constante. On peut ainsi neutraliser les *spectres secondaires,* résultat impossible à obtenir avec les anciennes matières employées à la fabrication des objectifs photographiques qui admettent des rayons fortement obliques à l'axe. De plus, la mise en pratique de certaines formules exige que l'on se serve de verres dans lesquels l'indice de réfraction et la dispersion soient dans des rapports très variés; c'est ainsi que l'on peut être amené à se servir de verres ayant un indice de réfraction fort élevé et peu de dispersion. Schott, à Iéna, a produit pratiquement des verres de faible dispersion avec un indice de réfraction élevé (par exemple la dispersion du crown et l'indice de réfraction du flint). Avec les anciens verres, à cause de la grande disproportion de la dispersion dans les différentes parties du spectre propres au flint et au crown ordinaires, il était impossible d'obtenir un achromatisme suffisant. On arrivait, il est vrai, à faire coïncider deux des différentes couleurs du spectre : c'était une solution approchée, et faute de mieux on s'en contentait ; mais il y avait défaut de convergence entre les autres couleurs : en d'autres termes, il existait des spectres secondaires que l'on ne pouvait parvenir à éteindre. L'opticien le plus habile était celui qui les réduisait à un minimum ; mais il restait au point de vue de la correction de l'aberration de sphéricité un résidu de correction par défaut pour la lumière rouge et un résidu par excès pour la lumière bleue.

Le Dr Abbe a montré qu'avec les nouveaux verres on pouvait faire disparaître les spectres secondaires, et il a appelé *objectifs apochromatiques* les appareils ainsi construits. Sur les données fournies par le savant professeur d'Iéna, la maison Zeiss a construit toute une série d'objectifs de microscope, objectifs connus et justement appréciés des micrographes sérieux qui ne se contentent pas d'images à peu près nettes et qui savent *manier un objectif* (ce qui est plus rare qu'on ne le suppose habituellement). Powel et Lealand, en Angleterre, Nachet, en France, Reichert, en Autriche, ont utilisé avec succès ces nouveaux verres dont la théorie réclamait l'emploi pour la fabrication des objectifs de microscope.

Les résultats obtenus dans la construction de ces instruments pouvaient-ils indiquer la voie à suivre pour réaliser des progrès dans la fabrication des objectifs photographiques? Il y a plusieurs années[1] que nous avons appelé l'attention des opticiens sur ce sujet, et Voigtlaender, le célèbre constructeur de Brunswick, est, croyons-nous, le premier qui ait construit des objectifs aplanétiques avec ces nouveaux verres. Les rectilinéaires qu'il a ainsi produits[2] sont incontestablement, sous le rapport de la rapidité et du champ de netteté, supérieurs aux anciens instruments. Steinheil, Hartnack et plusieurs autres constructeurs se sont aussi servis de ces nouveaux verres. En France, un opticien dont il faut toujours citer le nom quand il s'agit de bonne fabrication, M. Berthiot, lauréat de la Société française de photographie, a construit sur notre demande de nouveaux aplanétiques en verre d'Iéna : ces instruments peuvent supporter la comparaison avec ceux construits à l'étranger.

Les objectifs de M. Zeiss comprennent deux grandes séries : les *doublets anastigmats* et les *triplets*. Ces nouveaux objectifs ont été établis dans le but de réduire considérablement l'astigmatisme des rayons obliques à l'axe sans sacrifier la rapidité de l'instrument; en un mot, ils permettent de couvrir une surface relativement *grande* avec un grand diaphragme. On pourrait les appeler *grands angulaires* EXTRA-RAPIDES.

Les doublets sont formés de deux combinaisons de lentilles *non symétriques* consistant en deux systèmes distincts composés chacun de plusieurs lentilles simples collées au baume; ces doublets présentent les deux particularités suivantes :

1° L'élément positif (lentille convergente) de chacun des deux systèmes distincts possède dans l'un un indice de réfraction plus élevé, et dans l'autre un indice moins élevé que celui de l'élément négatif (lentille divergente) auquel il est associé;

2° Ces deux systèmes, considérés individuellement, sont très approximativement achromatiques, c'est-à-dire que l'aberration chromatique de chacun de ces deux systèmes (évaluée d'après la différence entre les inverses des distances focales pour deux couleurs différentes) est relativement faible par rapport à l'aberration chromatique (évaluée de la même manière) d'une lentille simple en crown qui aurait la même distance focale que le système entier.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1887, p. 132. — 2. *Aide-Mémoire de photographie pour* 1889, p. 86.

Toute combinaison de lentilles remplissant ces deux conditions sera bien supérieure aux combinaisons analogues : on pourra supprimer l'astigmatisme pour les faisceaux obliques à l'axe. En effet, une lentille convergente dont l'indice de réfraction est plus élevé que celui de la lentille divergente à laquelle elle est associée occasionne des aberrations astigmatiques qui sont en sens inverse de celles que donne dans les mêmes circonstances une lentille convergente dont l'indice de réfraction est moins élevé que celui de la lentille divergente à laquelle elle est collée. Si l'on veut un objectif *anastigmate*, il suffira donc de déterminer les courbures des différentes lentilles constituant les deux combinaisons, de telle sorte que les aberrations d'épaisseur (ou astigmates) soient égales et de signe contraire dans les deux systèmes.

Il faut de plus satisfaire à l'achromatisme. Par conséquent, on fera les deux combinaisons distinctes et individuellement aussi achromatiques que possible ; on y arrive par le choix des verres.

Zeiss appelle combinaison de *caractère normal* la réunion de deux lentilles telles que le verre qui possède l'indice de réfraction le plus élevé présente aussi toujours la plus forte dispersion relative. Une combinaison de *caractère anormal* est celle dans laquelle l'élément possédant le plus haut indice de réfraction présente la plus faible dispersion relative. En faisant usage de couples de cette dernière catégorie, on peut construire des systèmes lentilles convergentes dans lesquelles le milieu le plus réfringent entre comme lentille convergente *sans que l'achromatisme* soit détruit ; c'est là un des côtés les plus originaux de la construction nouvelle.

On voit donc qu'avec un couple de caractère normal et un autre de caractère anormal il est possible de détruire l'astigmatisme tout en maintenant la combinaison achromatique.

Ce sont les objectifs de cette nature qui sont les plus utiles en photographie. On peut ainsi réaliser l'amplitude du champ tout en permettant à l'objectif de *travailler avec de grands diaphragmes*, condition indispensable à la rapidité.

Dans certains cas cependant, il peut être avantageux de laisser former l'image à l'un des systèmes de lentilles : on a alors une lentille *principale* et une lentille *correctrice*, dont l'effet est simplement de corriger les aberrations de la première lentille sans réduire beaucoup le foyer de la combinaison. La lentille correctrice peut alors être à très longue distance focale ou même *négative*. Dans ce dernier cas,

l'on obtient un instrument qui rappelle l'ancien *orthoscopique* de Petzval. Avec une telle construction, suivant que la lentille principale est constituée par un couple de caractère normal ou de caractère anormal, c'est l'élément positif ou l'élément négatif de la lentille correctrice qui doit posséder l'indice de réfraction le plus élevé. Le caractère normal ou anormal de la lentille correctrice n'a pas grande influence, pourvu que la distance focale de cette lentille correctrice soit suffisamment grande. Si, au contraire, l'on donne à cette lentille une distance focale négative qui ne soit pas trop grande par rapport à celle de la lentille principale, il est indispensable, pour réaliser l'achromatisme, de se servir d'une lentille correctrice de même caractère que la lentille principale. Ces deux lentilles, dans ce cas, doivent être toutes deux soit de caractère normal, soit de caractère anormal.

Les principes adoptés par Zeiss pour la construction des objectifs sont susceptibles d'une infinité d'applications. Les distances focales des systèmes de lentilles constituant l'objectif peuvent être aussi différentes que l'on voudra; on peut placer la lentille correctrice à l'avant ou à l'arrière des objectifs et employer enfin diverses variétés de verres, pourvu que ces variétés satisfassent aux deux principes admis en premier lieu. Ces règles étant posées, l'ouverture de l'objectif, la grandeur du champ de l'image, la valeur de la correction et les constantes optiques (indice de réfraction et dispersion) étant déterminées, on pourra trouver par le calcul les rayons de courbure et les épaisseurs de lentilles permettant de réaliser l'objectif. On sera quelquefois conduit à employer des combinaisons de trois lentilles collées au lieu de deux. La substitution d'une lentille triple à une lentille double est un moyen tout aussi familier au praticien qu'au théoricien; on peut ainsi se donner un plus grand nombre d'éléments pour l'exécution des diverses corrections, ou bien éviter des courbes trop accentuées, difficiles à exécuter en pratique.

En somme, les doublets de Zeiss sont constitués par deux systèmes distincts de lentilles collées ensemble, ces systèmes étant composés de telle façon que l'élément positif possède, dans l'un un indice de réfraction plus élevé, dans l'autre un indice de réfraction moins élevé que l'élément négatif auquel il est associé; de plus, chacun de ces systèmes est individuellement achromatique.

Zeiss a désigné sous le nom d'*anastigmats* les doublets de ce système. Il construit plusieurs variétés de doublets.

1066. Anastigmats extra-rapides. — Ce type d'objectif se compose d'une lentille frontale double et d'une combinaison de trois lentilles; le diaphragme se place entre les deux (*fig. 19 et 20*) et assez près de la combinaison postérieure; l'instrument est donc composé de *cinq* lentilles.

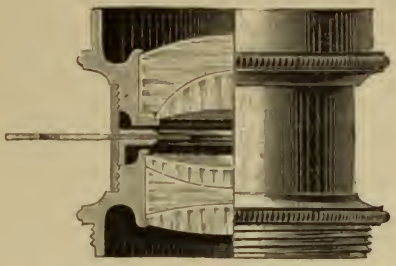


Fig. 19 et 20.

La fabrication de cet instrument comporte quatre séries :

I.	Rapport d'ouverture au foyer	.....	1 : 4,5.
II.	»	.....	1 : 6,3.
III.	»	.....	1 : 7,2.
III_a.	»	.....	1 : 9.

La première série comprend 8 numéros; ils sont surtout destinés à la production des portraits: ils ne sont pas encore (juin 1892) dans le commerce. Krauss et Cie indiquent les dimensions suivantes :

Nos	FOYER	DIAMÈTRE DES LENTILLES (Ouverture utile.)	DIMENSION COUVERTE DIAPHRAGME F/6,3	DIAMÈTRE du cercle de lumière pour 70°.
	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
1	130	31	60 × 80	182
2	150	36	80 × 100	210
3	183	42	90 × 120	256
4	220	51,5	120 × 150	308
5	260	61	130 × 180	364
6	300	71	130 × 210	420
7	354	82	160 × 210	496
8	416	94	160 × 240	583

La série II admet comme rapport d'ouverture *maxima f*/6,3. On construit 11 numéros dans cette série ; en voici les dimensions :

Nos	FOYER	DIAMÈTRE DES LENTILLES (Ouverture utile.)	DIMENSION COUVERTE DIAPHRAGME F/9	DIAMÈTRE du cercle de lumière pour 80°.
	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
1	85	16	60 × 80	143
2	105	19,5	80 × 100	176
3	140	25	90 × 120	235
4	170	31	120 × 150	289
5	210	36	130 × 180	352
6	250	42	130 × 210	420
7	300	51,5	160 × 210	503
8	360	61	180 × 240	604
9	430	71	210 × 270	722
10	510	82	240 × 300	853
11	590	94	270 × 350	990

Les objectifs d'ouverture 1/6,3 et 1/4,5 sont construits depuis peu par MM. Krauss et Cie, détenteurs en France des licences de la maison Zeiss.

M. Wallon [1] a spécialement étudié un type d'objectif de la série II composé de cinq verres différents, formant deux combinaisons, l'une de *caractère normal* (crown moins réfringent que le flint), l'autre

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 15 juin 1892.

de *caractère anormal* (crown plus réfringent que le flint). Les matières sont un peu différentes de celles employées pour les objectifs d'ouverture 1/7,2.

Un objectif de 0m212 présente avec l'ouverture 1/6.3 un champ de netteté d'environ 35°. le cercle de netteté est d'à peu près 0m120 de diamètre; diaphragmé à 1/9, il couvre très suffisamment la plaque 0m13 × 0m18; c'est alors un excellent objectif pour la photographie instantanée. Avec le diaphragme 1/12,5, l'objectif couvre la plaque 0m18 × 0m24. Cette dimension est suffisamment couverte avec le diaphragme 1/18 pour que l'objectif soit d'un excellent usage pour les reproductions; même avec ce diaphragme, l'instrument est assez lumineux pour servir à l'obtention des instantanées.

En employant la plaque 0m13 × 0,18, l'angle embrassé par l'objectif est, suivant la diagonale, de 55°, et suivant le plus grand côté de l'image de 48°; avec la plaque de 0m18 × 0m24, l'angle embrassé est de 70° dans le premier cas, de 59° dans le second. Bien des objectifs désignés sous le nom de grands angulaires nécessitent l'emploi du diaphragme 1/40 pour couvrir un angle aussi considérable. Le nouvel instrument n'exigeant que l'emploi du diaphragme 1/18 est donc *cinq fois plus rapide* que ces grands angulaires à égalité d'angle embrassé; c'est donc une qualité extrêmement précieuse. De plus, ce nouvel anastigmat est tout à fait exempt d'astigmatisme, et sa surface focale est presque complètement plane. Le spécimen étudié par M. Wallon ne présente pas de distorsion sensible dans les limites de la plaque 18/24.

La série III remplace avantageusement les antiplanats.

L'ouverture maxima est *f*/7,2. Dans ces conditions, cet objectif permet d'obtenir des portraits dans l'atelier. Avec le diaphragme *f*/12,5, l'objectif couvre *nettement* une plaque dont la diagonale est plus grande que sa distance *focale principale*. C'est ainsi qu'un objectif de 0m25 de distance focale principale muni du diaphragme de 0m02 couvre une plaque de 0m16 × 0m21. Un bon *aplanétique* de même distance focale (0m25) devra être muni du diaphragme *f*/40 pour couvrir une plaque de 0m15 × 0m21, et encore faut-il que l'aplanétique soit fabriqué par un opticien de premier ordre. Dans ces conditions, on peut dire qu'au point de vue pratique l'anastigmat est environ *onze fois* plus rapide que l'aplanétique. On voit donc que c'est un des meilleurs objectifs qui existent pour l'obtention des instantanées et des portraits dans l'atelier.

Il est exempt de distorsion. Un objectif de 0^m25 de distance focale principale *(fig. 21)*, muni d'un diaphragme d'ouverture *f*/50, reproduit très nettement une carte au format $0^m24 \times 0^m30$.

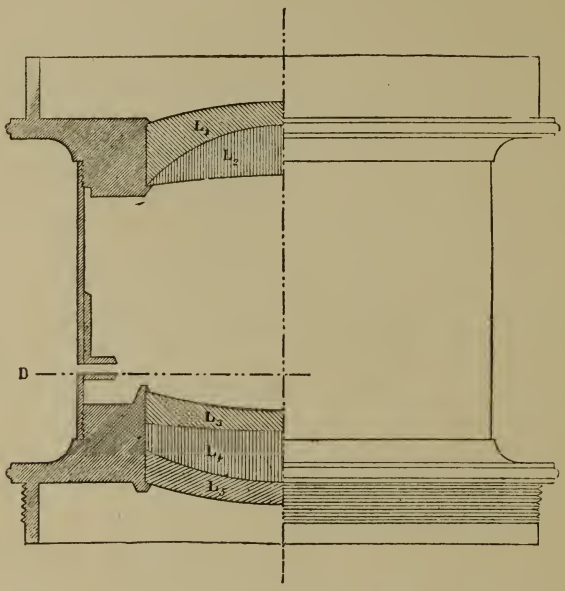


Fig. 21.

Voici les données sur lesquelles sont établis les anastigmats de la série III :

COMBINAISON ANTÉRIEURE.

Indice de réfraction du flint-baryte L_1	$n_D = 1{,}56226.$
Rayons de courbure	$R_1 = +20{,}66.$; $R_2 = +8{,}49.$
Épaisseur	$d_1 = 3{,}40.$
Indice de réfraction du crown-silicate L_2	$n_D = 1{,}51910.$
Rayons de courbure	$R_3 = +8{,}49.$; $R_4 = +25{,}27.$
Épaisseur	$d_2 = 3{,}40.$

COMBINAISON POSTÉRIEURE.

Indice de réfraction du crown-baryte L_3	$n_D = 1{,}56460.$
Rayons de courbure	$R_5 = -30{,}27.$; $R_6 = -17{,}49.$
Épaisseur	$d_3 = 2{,}23.$
Indice de réfraction du flint léger L_4	$n_D = 1{,}52053.$
Rayons de courbure	$R_7 = -17{,}49.$; $R_8 = -28{,}61.$

Épaisseur	$d_4 = 1{,}27.$
Indice de réfraction du crown-baryte L_5	$n_D = 1{,}57360.$
Rayons de courbure	$R_9 = -28{,}61.$ $R_{10} = -28{,}61.$
Épaisseur	$d_5 = 2{,}38.$
Distance du diaphragme à la première lentille	$\delta_y = 2{,}86.$
» » deuxième lentille	$v = 2{,}23.$
Distance focale principale	$F = 100{,}00.$

Cet objectif constitue la série III de la fabrication de Zeiss; il est livré dans les dimensions suivantes :

NUMÉROS	FOYER	DIAMÈTRE DES LENTILLES	GRANDEUR DES PLAQUES pour le DIAPHRAGME f/12,5	DIAMÈTRE DU CERCLE DE LUMIÈRE
1	96	16	80 × 100	160
2	120	19.5	90 × 120	200
3	148	25	120 × 150	250
4	195	31	130 × 180	330
5	220	36	130 × 210	380
6	250	42	160 × 210	420
7	315	51.5	180 × 240	530
8	442	71	240 × 300	740
9	586	94	300 × 400	980

C'est tout récemment (décembre 1891) que Zeiss vient de terminer la série III_a d'anastigmats dont l'ouverture maxima est $\frac{f}{9}$, c'est-à-dire très sensiblement l'ouverture des anciens objectifs aplanétiques. L'instrument se compose, comme l'anastigmat extra-rapide, de deux combinaisons de lentilles : la frontale est formée de deux verres collés et choisis d'après les principes adoptés par M. Zeiss dans la construction de ses anastigmats; la lentille postérieure est composée de trois verres collés : c'est donc un doublet constitué par cinq lentilles, comme l'anastigmat extra-rapide. Ces deux instruments exigent des temps de pose dans le rapport de 5 à 8 environ; mais l'anastigmat $\frac{f}{9}$, précisément parce qu'il est moins rapide, est plus exempt d'astigmatisme, possède un champ plus plan que l'objectif extra-rapide; il est sous ce rapport comparable aux objec-

tifs grands angulaires d'ouververture $\frac{f}{18}$. Il présente sur ces derniers l'avantage d'être quatre fois plus rapide à toute ouverture.

Nous n'avons jamais essayé de meilleur objectif pour la production d'épreuves instantanées. Un objectif de 0m17 de foyer est très suffisant pour le format 12 × 18. Ce même instrument, employé avec le plus petit diaphragme, couvre nettement une plaque de 0m21 × 0m27. La netteté de l'image sur les bords est de tout point supérieure à celle que donnent les bons objectifs grands angulaires. C'est un des meilleurs objectifs que l'on puisse employer pour les vues d'intérieurs, monuments, reproductions de cartes, etc.; il ne donne aucune déformation de l'image quand on l'emploie convenablement. Il est construit dans les dimensions suivantes :

Nos	FOYER	DIAMÈTRE DES LENTILLES (Ouverture utile.)	DIMENSION COUVERTE Diaphragme F./12,5 à F./18.	DIAMÈTRE du cercle de lumière pour 90°.
	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
1	120	16,0	90 × 120	240
2	150	19,5	120 × 150	300
3	172	22,5	130 × 180	344
4	196	25	130 × 210	392
5	230	31	160 × 210	460
6	272	36	180 × 240	544
7	317	42	210 × 270	634
8	407	51,5	240 × 300	814
9	505	61	270 × 340	1010
10	600	71	300 × 400	1200
11	690	82	340 × 450	1380
12	820	94	400 × 500	1640

1067. Anastigmat grand angulaire rapide 1 : 12,5. — C'est un objectif à lentilles très petites (*fig. 22*) relativement à la surface couverte : c'est un doublet composé de deux paires de lentilles; le diaphragme se place entre les deux combinaisons.

L'examen d'un objectif de 0m195 de distance focale principale (diamètre des lentilles 0m02) nous a montré que la plus grande ouverture de cet objectif était *f*/12, 5. Avec un diaphragme de *f*/18, c'est-à-dire l'ouverture la plus employée pour l'instantanéité au dehors, l'objectif couvre la plaque 0m15 × 0m21, soit une plaque dont

le plus grand côté est supérieur à sa distance focale, avantage des plus précieux.

Le champ de l'objectif est énorme et voisin de 100°. Avec le diaphragme *f*/50, on peut employer cet instrument comme grand angu-

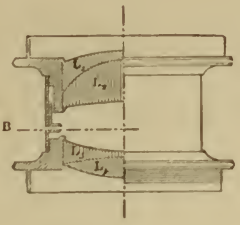


Fig. 22.

laire pour monuments; il donne une image nette, exempte de distorsion sur plaque de 0m24 × 0m30. Rappelons que cette amplitude de champ peut être fournie par les grands angulaires anciens des bons constructeurs; mais ces derniers instruments admettent au plus une ouverture de *f*/15; ils sont donc plus lents que les anastigmats. Le temps de pose étant une seconde avec cet anastigmat, il sera voisin de 1s5 avec les grands angulaires usuels. On voit donc que c'est un objectif très précieux pour le travail au dehors. En fait,

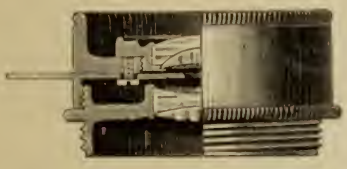


Fig. 23.

Fig. 24.

c'est un véritable objectif universel dont le volume très réduit facilite singulièrement le transport (*fig. 23 et 24*); c'est par excellence l'objectif de l'amateur photographe qui ne veut acquérir qu'un seul instrument.

Cet objectif se construit dans les dimensions indiquées dans le tableau suivant (série IV).

NUMÉROS	FOYER	DIAMÈTRE DES LENTILLES	GRANDEUR DES PLAQUES pour le DIAPHRAGME f/18—f/25.	DIAMÈTRE DU CERCLE DE LUMIÈRE pour 96°.
1	62	6	80 × 100	140
2	98	9	90 × 120	220
3	119	12	120 × 150	270
4	154	15.5	130 × 210	340
5	196	20	180 × 240	440
6	260	26	240 × 300 pour le diaphragme f/36	580 pour 85°
7	386	33	300 × 400	711
8	605	51	400 × 500	1100
9	906	75	500 × 600	1630
10	1228	99	600 × 750	2190

Les données relatives à la construction de cet objectif sont consignées ci-dessous :

COMBINAISON ANTÉRIEURE.

Indice de réfraction du flint-baryte L_1	$n_D = 1{,}56804.$
Rayons de courbure	$R_1 = +15{,}31.$
»	$R_2 = +6{,}53.$
Épaisseur	$d_1 = 1{,}94.$
Indice de réfraction du crown-silicate L_2	$n_D = 1{,}52197.$
Rayons de courbure	$R_3 = +6{,}53.$
»	$R_4 = +17{,}04.$
Épaisseur	$d_2 = 2{,}35.$

COMBINAISON POSTÉRIEURE.

Indice de réfraction du flint léger L_3	$n_D = 1{,}52150.$
Rayons de courbure	$R_5 = -20{,}41.$
»	$R_6 = +19{,}18.$
Épaisseur	$d_3 = 1{,}17.$
Indice de réfraction du crown-baryte L_4	$n_D = 1{,}57360.$
Rayons de courbure	$R_7 = +19{,}18.$
»	$R_8 = -19{,}18.$
Épaisseur	$d_4 = 1{,}74.$
Distance du diaphragme à la combinaison antérieure	$\delta_1 = 2{,}04.$
» » postérieure	$\delta_2 = 2{,}45.$
Distance focale principale	$F = 100{,}00.$

1068. Anastigmat grand angulaire pour vues et monuments. — Cet objectif donne des résultats semblables à ceux que

fournit le pantoscope; mais il est plus lumineux que ce dernier, puisque sa plus grande ouverture est d'environ $\frac{f}{18}$, ce qui répond assez sensiblement à la rapidité des objectifs ordinaires à paysages.

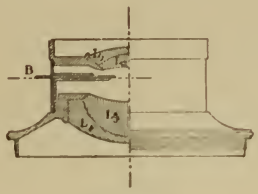


Fig. 25.

Cet objectif est un doublet à quatre lentilles. La combinaison antérieure était très petite par rapport à la combinaison postérieure dans les premiers objectifs construits (*fig.* 25); elles sont de même

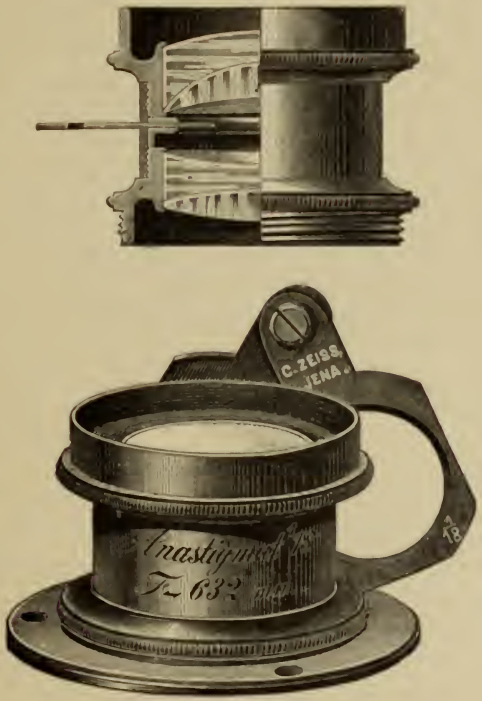


Fig. 26 et 27.

diamètre aujourd'hui (*fig.* 26 *et* 27). L'examen d'un objectif de

0^m21 de foyer nous a montré que cet instrument *éclairait* une plaque circulaire de 0^m54 de diamètre, et qu'avec le diaphragme $\frac{f}{50}$ on pouvait l'employer pour le format $0^m30 \times 0^m40$: l'image obtenue est exempte de distorsion. L'angle est donc énorme, puisque le plus grand côté de la plaque est *voisin du double* de la distance focale principale. Cet objectif est particulièrement utile pour l'obtention des vues panoramiques, intérieurs, monuments rapprochés, etc.

La série V comprend douze instruments; les cinq derniers sont spécialement destinés aux reproductions des cartes, plans, etc.; ils présentent les dimensions suivantes :

NUMÉROS	FOYER	DIAMÈTRE DES LENTILLES	GRANDEUR DES PLAQUES pour le DIAPHRAGME f/36.	DIAMÈTRE DU CERCLE DE LUMIÈRE pour 104°.
1	86	7.5	120 × 150	220
2	112	9.5	130 × 180	280
3	141	12	160 × 210	360
4	182	14.5	200 × 260	400
5	212	17.5	240 × 300	540
6	265	20.5	260 × 350	680
7	315	23.5	300 × 400	800
			reproduction des traits	pour 85°
8	460	26	300 × 400	840
9	632	35	400 × 500	1160
10	947	54	500 × 650	1730
11	1310	76	700 × 860	2400
12	1660	100	900 × 1100	3000

Ce type d'objectif est construit d'après les données suivantes :

COMBINAISON ANTÉRIEURE.

Indice de réfraction du flint-baryte L_1 ..... $n_D = 1{,}55247.$

Rayons de courbure ..... $R_1 = +\ 9{,}32.$; $R_2 = +\ 4{,}69.$

Épaisseur ..... $d_1 = 0{,}89.$

Indice de réfraction du crown-silicate L_2 ..... $n_D = 1{,}51720.$

Rayons de courbure ..... $R_3 = +\ 4{,}69.$; $R_4 = +\ 10{,}43.$

Épaisseur ..... $d_2 = 1{,}25.$

COMBINAISON POSTÉRIEURE.

Indice de réfraction du flint léger L_3	$n_D = 1{,}51674.$
Rayons de courbure	$R_5 = -20{,}09.$ / $R_6 = +14{,}28.$
Épaisseur	$d_3 = 0{,}71.$
Indice de réfraction du crown-baryte L_4	$n_d = 1{,}57360.$
Rayons de courbure	$R_7 = +14{,}28.$ / $R_8 = -20{,}09.$
Épaisseur	$d_4 = 1{,}34.$
Distance intérieure des deux combinaisons, mesurées suivant l'axe	$\Delta = 2{,}04.$
Distance focale principale	$F = 100{,}00.$

Le diaphragme se place à égale distance des deux lentilles.

1069. Triplets. — Les triplets construits par Zeiss sont basés sur un principe nouveau. Pour obtenir une grande netteté avec le maximum d'ouverture, Zeiss emploie deux lentilles collectrices, *simples non achromatiques* et un *système correcteur* à distance focale relativement grande disposé entre les deux lentilles simples, ce système correcteur étant lui-même composé soit de deux, soit de trois lentilles cimentées à l'aide de baume du Canada.

Dans ces nouveaux objectifs, la fonction de concentrer la lumière d'une part, et celle de corriger les aberrations sphériques et chromatiques d'autre part, sont réservées chacune exclusivement à un des deux membres distincts dont se compose le système optique. Cette répartition est faite de telle sorte que la concentration des rayons lumineux s'opère au moyen de deux lentilles simples, non corrigées, qui (pour obtenir la planité du champ) sont disposées de façon à tourner vers l'extérieur la face convexe ou celle qui est plus convexe que l'autre. Entre les deux se place un système correcteur composé de deux ou trois lentilles collées ensemble ; il a pour objet de corriger les aberrations sphériques et chromatiques de l'objectif. Ce système correcteur possède toujours une distance focale relativement grande, positive ou négative, et, par suite, ne contribue pas sensiblement à renforcer ou à affaiblir l'action des deux lentilles concentratrices.

Le triplet peut être construit de telle sorte que l'objectif soit *symétrique* ou *asymétrique*, suivant le but que l'on se propose. Si l'objectif est destiné à être employé pour des travaux très précis, le système correcteur central doit être composé de trois lentilles collées (*fig. 28*); l'objectif est alors formé de *cinq lentilles*. Si l'on se contente

d'une image analogue à celle donnée par les objectifs usuels, un système correcteur composé de deux lentilles peut fort bien suffire.

Cette construction d'objectif permet de réaliser facilement l'achromatisme pour trois couleurs et, par suite, de supprimer le spectre secondaire; on réalise ainsi des *triplets apochromatiques*, pour employer la terminologie adoptée par le Dr Abbe dans la construction des objectifs de microscope.

Les triplets que construisait Zeiss se divisaient en deux catégories :

1° *Triplets achromatiques.* — Ce sont des triplets dont l'ouverture est environ *f*/6,5 et qui, avec le plus petit diaphragme, peuvent couvrir un champ circulaire de 90°.

2° *Triplets apochromatiques.* — L'ouverture de ces triplets est *f*/7,2; ils peuvent donner avec une grande netteté un champ circu-

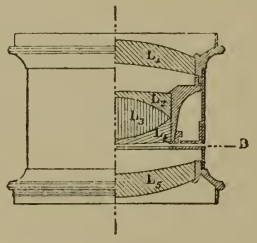


Fig. 28.

laire de 90°. Nous avons essayé un triplet apochromatique de 0m15 de distance focale principale; il couvre nettement un champ circulaire de 0m30 lorsqu'on emploie le diaphragme *f*/50. Avec les diaphragmes servant pour l'instantanéité, l'objectif couvre une plaque dont le plus grand côté est supérieur à sa distance focale principale; le champ dépasse 60°. A toute ouverture, on peut l'utiliser pour les portraits dans l'atelier; il donne alors des images dont le plus grand côté est égal aux deux tiers de sa distance focale

Ce qui distingue surtout ce triplet au point de vue pratique, c'est la netteté merveilleuse qu'il procure aux images. On reconnaît facilement cette netteté lorsqu'on essaie de reproduire des micromètres constitués par des séries de lignes de plus en plus rapprochées. Les reproductions de cette nature, difficiles ou même impossibles avec les objectifs usuels, sont relativement faciles si l'on emploie les *triplets apochromatiques.*

La construction de ces triplets a été récemment abandonnée par Zeiss : l'anastigmat *f*/7,2 le remplace en effet avantageusement sous

le rapport du brillant de l'image. Ces triplets étaient construits dans les dimensions suivantes :

NUMÉROS	FOYER	DIAMÈTRE DES LENTILLES	GRANDEUR DES PLAQUES pour le DIAPHRAGME f/12,5.	DIAMÈTRE DU CERCLE DE LUMIÈRE pour 90°.
1	95	21	60 × 90	190
2	120	26.5	80 × 100	240
3	150	33	90 × 120	300
4	190	43	120 × 150	380
5	250	55	130 × 180	500
6	310	67	160 × 210	620
7	410	85	200 × 260	820

Les données qui servaient à la construction des triplets étaient les suivantes :

A) Triplet apochromatique. Deux matières entrent dans la construction de ce triplet : le crown silicate L_1, L_3, L_5 et le flint borate L_2, L_4.

LENTILLE ANTÉRIEURE.

Indices de réfraction du crown-silicate L_1 ..... $n_D = 1{,}51840.$
» » ..... $n_F = 1{,}52457.$
» » ..... $n_{G'} = 1{,}52956.$
Rayons de courbure..... $R_1 = +25{,}74.$
» ..... $R_2 = +38{,}47.$
Épaisseur..... $d_1 = 3{,}4.$

COMBINAISON MÉDIANE.

Indices de réfraction du flint-borate L_2..... $n_D = 1{,}57950.$
» » ..... $n_F = 1{,}58745.$
» » ..... $n_{G'} = 1{,}59388.$
Rayons de courbure..... $R_3 = +230{,}40.$
» ..... $R_4 = +13{,}74.$
Épaisseur..... $d_2 = 1{,}1.$
Indices de réfraction du crown-silicate $L_3 = L_4$..... .....
Rayons de courbure..... $R_5 = +13{,}74.$
» ..... $R_6 = -13{,}74.$
Épaisseur..... $d_3 = 5{,}6.$
Indices de réfraction du flint-borate $L_4 = L_2$..... .....
Rayons de courbure..... $R_7 = -13{,}74.$
» ..... $R_8 = -230{,}40.$
Épaisseur..... $d_4 = 1{,}1.$

LENTILLE POSTÉRIEURE.

Indices de réfraction du crown-silicate $L_5 = L_4$.....	.....
Rayons de courbure.....	$R_9 = -38{,}47.$
»	$R_{10} = -25{,}74.$
Épaisseur.....	$d_5 = 3{,}4.$
Distance focale principale.....	$F = 100{,}00.$
Distance de la combinaison médiane à la lentille antérieure, mesurée intérieurement suivant l'axe.	$\delta_1 = 4{,}2.$
La même combinaison est éloignée de la lentille postérieure.....	$\delta_2 = 4{,}2.$

Le diaphragme se place à l'arrière de la combinaison médiane et presque au contact de celle ci.

Les mêmes données (épaisseurs, rayons de courbure, etc.) servent à la construction du triplet achromatique, qui est constitué par du crown-silicate et du flint-baryte, dont les indices de réfractions sont pour les raies D et G′ :

Crown-silicate $L_1 = L_3 = L_5$.....	$n_D = 1{,}50932.$
»	$n_{G'} = 1{,}52037.$
Flint-baryte $L_2 = L_4$.....	$n_D = 1{,}56808.$
»	$n_{G'} = 1{,}58231.$

1070. Solidité des objectifs construits avec les verres d'Iéna. — Des doutes ont été émis sur la durée des objectifs construits avec les nouveaux verres. Il est bien établi que quelques-uns des premiers objectifs apochromatiques destinés au microscope et construits avec certains verres se sont altérés; c'est là, d'ailleurs, la destinée de toute lentille, et nous n'avons pas dans notre nombreuse collection un seul objectif de fabrication antérieure à 1880 qui ne se soit plus ou moins modifié. M. Zeiss a d'ailleurs remplacé sans difficulté toutes les lentilles des premiers objectifs qui s'étaient altérés. Il a reconnu que les verres employés actuellement offrent une résistance à la destruction au moins aussi grande que celle des matières réputées les plus solides. Une expérience de près de trois années faite avec les objectifs construits en nouvelles matières par M. Voigtlaender nous a montré que ces nouveaux verres ne présentent pas une résistance moindre que celle des premières matières employées pour la photographie; d'ailleurs, M. Zeiss garantit d'une manière complète ses nouveaux instruments. Les craintes qui ont été exprimées au sujet de ces objectifs ne sont nullement fondées et ne peuvent être propagées que par ceux qui ont quelque intérêt à rester dans la voie de la routine au lieu de suivre celle du progrès.

1071. Comparaison des anastigmats et des objectifs ordinaires. — La question de l'astigmatisme est intimement liée à celle de la courbure focale, comme l'a prouvé le Dr P. Rudolph. Un objet plan perpendiculaire à l'axe et situé à l'infini donne lieu à deux images plus ou moins courbes : la surface focale est une surface moyenne entre celle des deux images. En donnant aux deux combinaisons de l'objectif symétrique un écartement convenable on peut rendre suffisamment plane cette surface focale, et cela sur une grande étendue; c'est ce qu'a montré le Dr P. Rudolph[1] en effectuant une série de mesures précises; mais, dans ces conditions, la valeur de l'astigmatisme est assez considérable. Si l'on diminue l'écartement des lentilles l'astigmatisme diminue, mais la surface focale prend une courbure assez forte ; en continuant de rapprocher les deux combinaisons, la surface focale se courbe encore, mais en sens inverse, et l'astigmatisme augmente. Steinheil, dans son aplanat universel, a rendu variable la distance qui sépare les deux lentilles de manière à obtenir pour certains usages spéciaux (photographies de groupes, par exemple), une courbure du champ plus ou moins considérable.

Étant donnée une même courbure de la surface focale, l'astigmatisme décroît si l'indice de réfraction du verre de moindre pouvoir dispersif se rapproche de celui du verre qui lui est associé (et qui dans les lentilles doubles de caractère normal est forcément plus réfringent), et surtout s'il le dépasse. On arrive donc à cette conclusion que la meilleure correction de l'astigmatisme sera obtenue par l'emploi de lentilles doubles de caractère anormal. Or, cette condition est exactement contraire à celle que le calcul indique comme favorable à la correction de l'aberration de sphéricité. On ne peut donc réaliser cette condition, et dans tout objectif symétrique, si l'on veut rendre insensible sur les bords du champ l'influence de l'astigmatisme, il faut laisser à la surface focale une certaine courbure, qui pourra être assez petite; en effet, les faisceaux ne rencontrant jamais les surfaces que sous une faible obliquité, la valeur de l'astigmatisme est assez petite. Pour que cette courbure soit en pratique assez faible, si l'on se borne à un *champ assez restreint*, il n'est pas nécessaire d'une grande profondeur de foyer (qui ne s'acquiert que par l'emploi du diaphragme) et, en réalité, l'objectif pourra admettre une ouverture relativement grande.

1. Eder, *Jarbuch fur phot.*, 1891, p. 236.

Les anastigmats de Zeiss permettent d'obtenir une amplitude de champ assez grande tout en corrigeant l'aberration de sphéricité, l'astigmatisme, et conservant la surface focale à peu près plane. Ces objectifs étant formés de deux combinaisons, l'une de caractère normal, l'autre de caractère anormal, les choses se passent comme si la lentille de caractère normal était chargée de corriger l'aberration sphérique, et l'autre d'opérer l'aplanissement anastigmatique de la surface focale. On voit donc pourquoi les anastigmats de Zeiss, à netteté égale et avec même angle de champ, admettent une ouverture très notablement plus grande que les meilleurs objectifs symétriques; ils donnent par suite d'*aussi bonnes images dans des temps plus courts*[1].

L'expérience montre qu'en réalité il en est ainsi et que de plus la correction de l'aberration de sphéricité est mieux réalisée dans les anastigmats que dans les autres objectifs. Si l'on compare, par exemple, les anastigmats grands angulaires à d'autres objectifs donnant la même amplitude de champ (le pantoscope, par exemple), on constatera qu'avec le diaphragme *f*/18 l'anastigmat donne une image plus nette au centre et sur les bords que celle fournie par le pantoscope diaphragmé à *f*/40. Avec le dernier diaphragme *f*/71, l'image donnée par le pantoscope est moins nette vers les bords que celle de l'anastigmat diaphragmé à *f*/60; ceci tient à ce que l'astigmatisme est moins bien corrigé pour le premier objectif. Bien que l'anastigmat ne soit pas symétrique, il donne une image exempte de distorsion, exempte de tache centrale et très brillante.

Le capitaine Kiss, à Berlin, a comparé un anastigmat 1 : 6,3 avec un aplanat construit par un opticien renommé, le premier objectif ayant une distance focale de $0^{m}21$, le second $0^{m}20$. Le diamètre du cercle de netteté, avec le diaphragme *f*/9, correspondait à $62^{o}5$ pour l'anastigmat; il était seulement de 31° pour l'aplanat (ce qui correspond à un excellent objectif). Le professeur Roster à Florence, le Dr Chinsoli à Milan, notre collègue le professeur Wallon de Paris[2], le Dr Eder à Vienne, le Dr Vogel à Berlin et bien d'autres observateurs ont constaté la supériorité des anastigmats sur les objectifs d'ancienne construction.

Le Dr P. Rudolph, d'Iéna a récemment publié[3] un tableau mon-

1. Wallon, *l'Objectif photographique.* — 2. *Photo-Gazette*, 1892, p. 43, et *Bulletin de la Société française de photographie*, juin 1892. — 3. *Photographischen Wochenblatt*, 1892, n° 18-21.

trant d'une façon saisissante les relations qui existent entre la surface couverte par les anastigmats à toute ouverture et les objectifs de forme usuelle.

OBJECTIFS.	PLUS GRANDE OUVERTURE RELATIVE	ANGLE DU CHAMP (Sans diaphragme.)
Aplanat de Busch.	1 : 8,5	31° 2′
Rapid-Lynkeioscope.	1 : 6,5	33° 22′
Anastigmat 1 : 4,5.	1 : 4,5	36° 40′
Euryscope, série IV.	1 : 6	38° 18′
Antiplanat.	1 : 7	40° 6′
Anastigmat 1 : 6,3.	1 : 6,3	41°
Aplanat pour vues.	1 : 9	44° 14′
Anastigmat 1 : 7,2.	1 : 7,2	45° 15′
Anastigmat 1 : 9.	1 : 9	50° 6′
Anastigmat 1 : 12,5.	1 : 12,5	58°
Anastigmat 1 : 18.	1 : 18	58°

Il ressort de l'examen de ce tableau que l'aplanat d'ouverture 1 : 8,5 donne sans diaphragme un champ dont le diamètre correspond à un angle de 31°2′ ; l'anastigmat 1 : 4.5, qui est à peu près *quatre fois plus rapide* (dans les conditions de l'expérience) donne un champ de 36°40′, plus grand que le précédent de 5°38′. Si l'on compare l'aplanat 1 : 8,5 à un anastigmat de même rapidité (celui d'ouverture 1 : 9), on peut constater que l'anastigmat donne un cercle de netteté dont le diamètre sous-tend un angle plus grand que celui de l'aplanat de 19°4′. Les meilleurs aplanats extra rapides (d'ouverture 1 : 6,5) ne couvrent pas une surface aussi grande que celle qui est couverte par les anastigmats 1 : 4,5, ces derniers étant le double plus rapides dans ces conditions.

Pour obtenir des anastigmats tous les résultats qu'ils peuvent donner, il faut que le centrage des lentilles et l'écartement des deux combinaisons soit très exactement réglé. M. Wallon[1] a insisté avec juste raison sur ce fait auquel on n'attache pas en général une assez grande importance. La perfection du centrage peut être facilement altérée par l'introduction d'un obturateur central, et l'objectif perd

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 323.

alors la plus grande partie de sa valeur. Le réglage étant, contrairement à ce qui se passe pour les objectifs symétriques, extrêmement délicat, ce réglage doit être fait une fois pour toutes par l'opticien, ou bien il faut renoncer, en ce qui regarde les anastigmats, à l'avantage incontestable que présente l'obturateur central et se servir d'un obturateur placé soit à l'avant, soit à l'arrière de l'objectif.

Les avantages que présentent l'emploi des anastigmats sont tels que plusieurs opticiens célèbres ont acquis de la maison Zeiss des licences de fabrication. Gundlach en Amérique, Ross à Londres, Voigtlaender à Brunswick, Krauss à Paris, etc., fabriquent ces anastigmats conformément aux séries et dimensions adoptées par Zeiss.

§ 4. — Téléobjectifs.

1072. La photographie à grande distance. — Lorsqu'il s'agit de photographier des sujets situés à une très grande distance de la surface sensible, on peut utiliser trois procédés principaux :

1° Emploi d'un *objectif à très long foyer*. Ce procédé n'est applicable qu'aux instruments installés d'une manière fixe. En photographie astronomique (**912**), on emploie à peu près exclusivement ce procédé.

2° Combinaison de deux systèmes optiques convergents, dont le premier donne une image réelle qui se comporte comme un objet lumineux réel par rapport au second et dont celui-ci fournit une image amplifiée, droite par rapport à l'objet.

3° Combinaison d'un système optique convergent avec un système optique divergent interposé entre le premier et l'image des objets que celui-ci tend à former ; à cette image, qui se comporte pour lui comme un objet virtuel, le système divergent substitue une image réelle, amplifiée et renversée par rapport à l'objet.

1073. Emploi des objectifs à long foyer. — M. le commandant Allotte de la Füye[1], dans son remarquable Mémoire sur l'emploi des appareils photographiques pour les observations à grande et à petite distance, divise les objectifs d'après la longueur de leur foyer. Ainsi un objectif de 0^m25 de foyer donne, sur la plaque disposée dans le plan focal principal, une image des objets éloignés qui peut être considérée comme de grandeur naturelle, si on admet que la distance de 0^m25 est la distance de la vision dis-

1. *École du génie de Grenoble*, 1891-92.

tincte. Un objet placé à grande distance présentera sur le négatif la même longueur que celle qu'intercepterait sur un écran transparent placé à 0m25 de l'œil les rayons visuels joignant l'œil aux extrémités de l'objet.

L'objectif photographique de 0m25 de distance focale nécessite une chambre noire légère peu volumineuse, munie d'un obturateur instantané; un tel appareil peut rendre des services pour les photographies faites à des distances de l'objet qui ne dépassent pas 2,000 mètres. Le cas se présente quelquefois dans les reconnaissances militaires, photographies en ballon, etc. Mais le plus souvent la *portée* des instruments comme foyer est insuffisante; il faut que l'objectif puisse donner une image d'un objet situé à plus de cinq kilomètres, objet de dimensions restreintes en général. L'angle de l'objectif sera donc faible; de plus, il faut que la netteté de l'épreuve photographique soit aussi parfaite que possible.

Le diamètre maximum du cercle de confusion ne devra pas dépasser un dixième de millimètre, de telle sorte que l'image puisse être amplifiée. On peut poser comme condition que l'œil puisse distinguer à la loupe sur le négatif l'image des objets d'une dimension d'un mètre et au-dessus; pour cela, il faut que le mètre y soit représenté par une dimension égale à un dixième de millimètre au moins.

La longueur focale et le pouvoir résolvant de l'objectif à employer dépendent donc de la distance à laquelle doit être placé l'objectif de l'objet. Pour un diamètre convenable de l'objectif, si l'on suppose un objet de 1 mètre placé à une distance de 5,000 mètres, la valeur de la distance focale F de l'objectif sera :

$$\frac{F}{5{,}000} = \frac{0{,}0001}{1{,}00},$$

et par suite,

$$F = 0^{m}50.$$

C'est la plus petite longueur focale permettant d'atteindre ce résultat; mais il est presque toujours avantageux d'augmenter cette longueur focale. Il est, en effet, souvent nécessaire d'opérer très rapidement : on serait tenté d'augmenter le diamètre de l'objectif; mais nous avons vu que dans ce cas on augmentait, pour une même longueur focale, la valeur des aberrations. En pratique, il ne faut pas que l'indice de rapidité de l'objectif descende au-dessous de 1 : 25. D'un autre côté, si l'on emploie des plaques préparées au gélatino-bromure en vue d'obtenir des images instantanées, le bromure d'argent, qui constitue la couche sensible, est assez grenu, et, presque toujours, ne permet pas de séparer nettement par amplification deux points qui sur l'image sont distants de un vingtième de millimètre. Il y a donc une certaine limite dans la correction des aberrations qu'il est superflu de dépasser.

En admettant même que l'on se serve de plaques dont le grain est suffisamment ténu pour permettre une amplification considérable de l'image, on ne saurait obtenir les plus fins détails qui existent dans l'objet à photographier. Ces détails dépendent essentiellement de la distance focale et de l'ouverture de l'objectif. Lorsque deux points sont vus sous un angle inférieur 1″, il faut, pour pouvoir les séparer, que le diamètre de l'objectif soit supérieur à 0m13. Cet angle limite, au-dessus duquel les images ne sont

plus séparées, sert de mesure à une propriété spéciale de l'objectif à laquelle on a donné le nom de *pouvoir optique*, ou de *pouvoir de séparation*, ou de *pouvoir de pénétration*.

Le pouvoir optique d'un objectif est proportionnel à son diamètre, et comme dans la pratique la distance focale des objectifs que l'on construit est proportionnelle à leur diamètre, l'emploi d'un objectif à long foyer est avantageux. Un tel instrument sera indispensable toutes les fois que l'on voudra obtenir distinctement sur l'épreuve les images de deux points très rapprochés l'un de l'autre placés à une grande distance de l'appareil. Il ne faudra pas employer de trop petits diaphragmes qui feraient perdre l'un des principaux avantages provenant de l'emploi d'objectifs de grand diamètre. En résumé, dans ces objectifs, la netteté et la visibilité des objets éloignés doit passer en première ligne; la question de champ est tout à fait secondaire et doit être subordonnée aux limites de poids et de volume de la chambre noire compatibles avec les conditions spéciales de chaque application particulière.

1074. Grossissement des objectifs à long foyer. — En photographie on appelle *grossissement* le rapport de la grandeur de l'image à la grandeur de l'objet, et en désignant par G le grossissement, par I la grandeur de l'image, par O celle de l'objet, on a :

$$G = \frac{I}{O}.$$

Si l'image photographique est plus petite que celle de l'objet, au lieu d'un grossissement on aura une réduction. L'expression algébrique en est la même que celle du grossissement, mais devient plus petite que l'unité. Le grossissement ainsi défini ne caractérise pas l'instrument, car avec le même appareil on peut, suivant la distance de l'objet, obtenir des amplifications ou des réductions.

Dans les instruments d'optique autres que les objectifs photographiques, on dit que le grossissement est le *rapport du diamètre apparent de l'image au diamètre apparent de l'objet;* l'objet est supposé dans les conditions de la contemplation directe.

En désignant par O la dimension d'un objet placé au foyer conjugué d'un objectif, par I celle de l'image qui se forme au foyer conjugué, par D la distance de l'objet à la lentille, le diamètre apparent de l'objet a pour expression $\frac{O}{D}$. Le diamètre apparent de l'image s'évalue en supposant que l'œil se place pour voir cette image à la distance de la vue distince Δ, il a pour expression $\frac{I}{\Delta}$. Le grossissement Γ a pour valeur :

$$\Gamma = \frac{I}{\Delta} : \frac{O}{D} = \frac{I}{O} \times \frac{D}{\Delta},$$

mais la valeur de $\frac{I}{O} = G$; on peut donc écrire :

$$\Gamma = G \frac{D}{\Delta}.$$

Telle est la valeur de ce grossissement que nous appellerons le *pouvoir amplifiant* de l'objectif; nous adopterons pour valeur de la vision distincte 0m25, nous supposerons, l'objet étant très éloigné, que son image se forme rigoureusement au foyer principal de l'objectif à une distance F du point nodal d'émergence que nous supposerons confondu avec le point nodal d'incidence; dans ce cas :

$$\frac{O}{I} = \frac{F}{D}$$

et l'expression du pouvoir amplifiant, pour *les objets très éloignés*, devient

$$P = \frac{F}{D} \times \frac{D}{\Delta} = \frac{F}{\Delta} = \frac{F}{0,25}.$$

Il résulte de cette formule que des objectifs ayant des distances focales principales de 0m25, 0m50, 1m0, auront des pouvoirs amplifiants respectivement égaux à 1, 2, 4.

Un objectif de 1 mètre de foyer et de 0m6 de diamètre est très suffisant pour les observations en ballon et pour les observatoires photographiques aériens; on utilisera cet objectif sur une chambre de la dimension 0m13 × 0m18. On peut fort bien se servir pour cet objectif de l'une des deux combinaisons d'un aplanétique rapide d'environ 0m30 de foyer; on emploiera la combinaison antérieure et l'on placera le diaphragme entre l'objectif et la plaque sensible.

Cet instrument peut servir pour obtenir des photographies en ballon. On dispose l'appareil presque en entier en dehors de la nacelle; la chambre noire est constituée par un long tube rectangulaire aux deux extrémités duquel s'adaptent l'objectif et le châssis négatif; ce tube peut pivoter sur une fourchette de manière à prendre des photographies instantanées dans toutes les directions.

1075. Téléobjectifs ou longues-vues photographiques. — La dimension des images obtenues sur la plaque sensible dépend de la longueur focale principale de l'objectif. Si l'on admet que l'image formée au foyer d'un objectif de 1 mètre de longueur focale est grossie quatre fois, il faudra, pour obtenir une image grossie 100 fois, un objectif de 25 mètres de longueur focale; mais l'emploi de tels instruments n'est pas pratique. On a cherché à utiliser des appareils de longueur plus faible en recourant à des combinaisons de lentilles analogues à celles dont on fait usage pour les lunettes; les instruments rentrent alors dans la catégorie des appareils employés en photographie astronomique. On peut diviser les longues-vues photographiques en deux catégories : 1° combinaison d'un objectif avec un oculaire qui reprend l'image formée au foyer de l'objectif; 2° combinaison d'un objectif et d'un oculaire négatif.

1076. Objectif et oculaire composés de lentilles convergentes. — L'application de la photographie à l'astronomie avait fourni une solution complète de ce problème, et des longues-vues photographiques de petites dimensions **(955)** furent construites pour la première fois[1] en 1869. Mais l'emploi du collodion humide exigeait un temps de pose fort long lorsque l'on se servait de la lunette terrestre pour la photographie des objets éloignés. Ce procédé permettant d'obtenir des photographies à distance tomba dans l'oubli et fut donné comme nouveau vingt-sept ans plus tard[2]. C'est seulement depuis les travaux de MM. les commandants Fribourg, Allotte de la Füye, de MM. Henry, Jarret, Steinheil, que la photographie à grande distance à l'aide de systèmes convergents est tout à fait entrée dans la pratique.

Quand on demande à une longue-vue photographique des grossissements comparables à ceux des lunettes astronomiques, on est obligé, pour éviter une longueur exagérée de l'appareil, d'employer comme oculaires de projection des systèmes de lentilles à très courts foyers. Si l'on donne un large diamètre à ces oculaires, les aberrations prennent une valeur considérable et l'instrument nécessite l'emploi d'un diaphragme qui diminue l'intensité lumineuse de l'image; si l'on diminue le diamètre de l'oculaire de projection la netteté augmente, mais le temps de pose est plus long.

Si l'on veut, au contraire, un champ étendu et un grossissement faible, on peut employer comme *oculaires-projecteurs* de véritables objectifs photographiques, de foyers plus ou moins courts. C'est ainsi que M. le commandant Fribourg[3] a obtenu des instantanées à de très grandes distances, en employant deux objectifs à portraits extra rapides, de la série C de Dallmeyer. Ces objectifs admettent comme rapport d'ouverture utile à la longueur focale principale environ 1 : 2, 5. Ils fournissent donc une image extrêmement brillante qui peut être projetée agrandie plusieurs fois sur la plaque sensible, tout en conservant une intensité lumineuse comparable à celle fournie par les objectifs ordinaires.

L'image obtenue sur la plaque photographique à l'aide du système composé d'un objectif de distance focale principale φ et d'un oculaire projecteur de distance focale principale φ_1 pourrait être obtenue de même grandeur à l'aide d'une lentille de foyer Φ, équivalente à la longue-vue photographique. Il existe entre ces trois quantités et la distance δ entre l'image réelle donnée par l'objectif et le premier plan principal de l'oculaire-projecteur (par conséquent le foyer principal le plus voisin de l'image), la relation suivante :

$$\frac{\Phi}{\varphi} = -\frac{\varphi_1}{\delta} \quad \text{d'où} \quad \Phi = -\frac{\varphi\varphi_1}{\delta}.$$

Par suite, le pouvoir amplifiant sera :

$$\Gamma = \frac{\Phi}{0{,}25}.$$

ou bien :

$$\Gamma = \frac{1}{0{,}25} \cdot \frac{\varphi\varphi_1}{\delta},$$

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1869, p. 132. — 2. *La Nature*, septembre 1886. — 3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 170.

Examinons comment varie ce pouvoir amplifiant[1]; on peut écrire :

$$\Gamma = \frac{1}{0.25}\,\varphi \times \frac{\varphi_1}{\delta}\,.$$

Le premier facteur du second membre n'est autre que le pouvoir amplifiant propre de l'objectif **(1074)**; le second $\frac{\varphi_1}{\delta}$ représentera le grossissement de l'oculaire. Désignons-le par ν, la formule deviendra :

$$\Gamma = \frac{1}{0.25}\,\varphi \times \nu\,.$$

Trois cas peuvent se présenter; on peut avoir :

$\delta > \varphi_1$ alors $\nu < 1$, l'image formée par l'objectif est *réduite;*
$\delta = \varphi_1$ » $\nu = 1$, » » reprod. *vraie grandeur;*
$\delta < \varphi_1$ » $\nu > 1$, » » » *amplifiée.*

On voit donc que si en théorie le pouvoir amplifiant est illimité, il n'en est rien dans la pratique, car à mesure que ce pouvoir amplifiant augmente, la distance de l'image à l'oculaire devient plus grande. Il y a une première limite pratique imposée au grossissement par la condition de ne pas dépasser un trop long tirage de la chambre noire[2]. En second lieu, ce grossissement est lié au pouvoir optique de l'objectif. La relation qui existe en ces deux quantités n'a pas été étudiée d'une manière suffisamment précise au point de vue photographique pour que l'on puisse fixer cette limite. Une série d'expériences que nous avons entreprises sur cette question semble indiquer que pour obtenir qu'un objectif d'un pouvoir optique connu donne les meilleurs résultats, l'oculaire-projecteur doit être muni d'un diaphragme d'ouverture utile supérieure ou tout au moins égale à celle de l'objectif qui fournit l'image destinée à être amplifiée.

1077. Longueur des appareils. — Supposons l'objet placé très loin de l'appareil et cherchons quelle est la longueur L d'une longue-vue photographique avec oculaire-projecteur convergent; nous aurons :

$$L = \varphi + \delta + 2\,\varphi_1 + \frac{\varphi_1^{\,2}}{\delta}\,,$$

et en posant $\frac{\varphi_1}{\delta} = \nu$ $\quad L = \varphi + \frac{\varphi_1}{\nu} + 2\,\varphi_1 + \nu\varphi_1$

ou bien (1) $\quad L = \varphi + \frac{(\nu+1)^2}{\nu}\,\varphi_1.$

1. *Voyez* Peaucellier et Wagner, *Mémorial de l'officier du génie*, n° 18. — 2. Allotte de la Fuye, *Mémoire cité.*

M. le commandant Fribourg[1] a recherché quelles sont les valeurs de φ qui rendent la longueur de L minimum pour un grossissement donné, en supposant que la distance focale de l'oculaire φ_1 soit fixée. L'équation (1) peut s'écrire :

$$L = \varphi + \varphi_1 \frac{\nu^2 + 2\nu + 1}{\nu}.$$

Désignons par Δ la longueur de la vue distince; on a (**1076**) $\varphi = \frac{\Gamma\Delta}{\nu}$;

par suite $$L = \frac{\Gamma\Delta}{\nu} + \varphi_1 \frac{\nu^2 + 2\nu + 1}{\nu},$$

expression qui devient nulle pour la valeur de ν qui en annule la dérivée Cette valeur est donné par l'équation :

$$-\frac{\Gamma\Delta}{\nu^2} + \varphi_1 - \frac{\varphi_1}{\nu^2} = 0$$

$$\frac{\Gamma\Delta + \varphi_1}{\nu^2} = \varphi_1$$

$$\nu^2 = 1 + \frac{\Gamma\Delta}{\varphi_1} = \frac{\varphi_1 + \Gamma\Delta}{\varphi}$$

(2) $$\nu = \sqrt{\frac{1 + \Gamma\Delta}{\varphi_1}}.$$

La valeur correspondante de L devient :

(3) $$L = 2\,\frac{\Gamma\Delta + \varphi_1\sqrt{\frac{1 + \Gamma\Delta}{\varphi_1}} + 1}{\sqrt{1 + \frac{\Gamma\Delta}{\varphi_1}}}.$$

Si, par exemple, on veut un grossissement égal à 10, en admettant que $\Delta = 0{,}28$ et $\varphi_1 = 0{,}07$. on trouve :

$$\nu = 6{,}4 \qquad \varphi = 0^m44 \qquad L = 1^m04.$$

Pour un grossissement de 42, on aurait :

$$\nu = 13 \qquad \varphi = 0^m90 \qquad L = 1^m96.$$

La formule (3) peut s'écrire :

$$L = 2\left(\varphi + \varphi_1 \frac{\nu + 1}{\nu}\right) + 2\left[\varphi + \varphi_1\left(\varphi + \frac{1}{\nu}\right)\right]$$

et comme ν est, dans les cas des forts grossissements, assez grand par

1. *Mémoire sur les lunettes photographiques.*

rapport à l'unité, on peut admettre comme longueur minimum du tirage de l'appareil :

$$L = 2\,(\varphi + \varphi_1).$$

Il ne faut pas attacher dans la photographie à distance une importance considérable au grossissement. Ici, comme en photomicrographie (**876**), comme en astronomie, la question est secondaire : mieux vaut avoir une petite image bien nette dont tous les détails sont *nettement* perceptibles à la loupe, qu'une grande image présentant des détails confus, *non résolubles*, ou même privée de détails. Il faut avant tout se préoccuper du pouvoir optique de l'objectif, de sa clarté et de l'étendue du champ embrassé; ce sont là en quelque sorte les constantes de la longue-vue photographique.

1078. Pouvoir optique, clarté, étendue du champ. — Le pouvoir optique, ou *pouvoir séparateur*, est la propriété en vertu de laquelle un objectif peut séparer à grande distance deux points lumineux voisins. Ce pouvoir optique est proportionnel au diamètre de l'objectif, et en pratique on peut admettre que

un objectif de 0^m01 dédouble $\frac{1}{25000}$ de la distance.

— 0^m02 — $\frac{1}{2} \times \frac{1}{25000}$ —

— 0^m03 — $\frac{1}{3} \times \frac{1}{25000}$ —

. . . . . .

— 0^m10 — $\frac{1}{10} \times \frac{1}{25000}$ —

Par conséquent, à la distance de 5,000 mètres, l'objectif de 0^m01 *verra* deux traits blancs tracés sur une mire noire qui seraient séparés par un intervalle de $\frac{5000}{25000} = 0^m20$, tandis qu'un objectif de 0^m10 séparera deux traits distants de $\frac{1}{10} \times \frac{5000}{25000} = 0^m02$. Ici, comme en microphotographie, le pouvoir séparateur varie pour les rayons de différentes couleurs, de manière à amener la plus grande puissance de définition aux rayons les plus réfrangibles; ce sont précisément ceux qui agissent sur la plaque sensible.

On peut se servir d'un bon objectif simple, achromatique, dont on n'utilise que les rayons centraux. De tels objectifs existent dans le commerce, mais ils ne sont pas spécialement construits pour concentrer en un foyer unique les seuls *rayons parallèles* reçus par la surface entière de l'objectif. Il faudrait donner aux faces des lentilles une autre forme que la forme sphérique pour obtenir les meilleurs résultats.

L'oculaire-projecteur de très court foyer permet d'obtenir une amplification considérable, tout en réduisant la longueur du tirage de la chambre noire; mais il serait absolument illusoire d'augmenter cette amplification si elle ne permettait pas de percevoir plus facilement la séparation de cer-

tains détails. Soit, par exemple, un objectif dont le diamètre $D = 0^m10$, de distance focale $\varphi = 1^m50$. Son pouvoir optique, proportionnel à son diamètre, lui permet de former des images distinctes de deux points distants entre eux de 0^m04 et éloignés de l'objectif de 10,000 mètres $\left(\frac{1}{10} \times \frac{10{,}000}{26{,}000} = 0^m04\right)$. Les deux images de ces points seront sur l'épreuve séparées par une distance égale à

$$0^m04 \times \frac{1{,}50}{10{,}000} = 0^m000006,$$

quantité trop petite pour être perceptible à l'œil nu. Pour utiliser pratiquement les qualités optiques de l'image, il faut que l'oculaire-projecteur donne des deux points une image assez grande pour être distinctement visible à l'œil nu. Admettons que l'œil normal distingue 0^m0001. Pour être rendue visible, l'image des deux points devra être amplifiée dans le rapport de

$$\frac{0{,}0001}{0{,}000006} = 16{,}6 = \nu;$$

d'une manière générale $\nu = \frac{D}{\varphi} \times 250$.

Si l'on admet pour tous les objectifs simples la même clarté (le rapport $\frac{D}{\varphi} = \frac{1}{15}$), ν devient égal à 16,66, soit 17. Dans ces conditions, le grossissement par l'oculaire doit être au moins égal à 17 pour que la visibilité des détails sur l'image amplifiée soit en rapport avec le pouvoir optique de l'objectif. Au delà de cette amplification, l'image ne gagne rien; on grossit simplement ses défauts. En admettant ce chiffre de 17 pour les téléobjectifs à grande portée, la longueur de l'appareil devient

$$L = \varphi + \frac{\left(250\,\frac{D}{\varphi} + 1\right)^2}{250\,\frac{D}{\varphi}}\,\varphi_1.$$

Le champ variant en raison inverse du grossissement, il y a souvent intérêt à ne pas augmenter ce grossissement. Si l'on suppose que l'on se serve d'un objectif de 1 mètre de distance focale principale, d'un oculaire projecteur équivalent à une lentille simple de 0^m002 de distance focale, le tirage de l'appareil sera

$$L = \varphi + \frac{18^2}{17}\varphi_1 = 1 \text{ mètre} + 19 \times 0{,}02 = 1^m38.$$

Si l'on prend un oculaire composé, positif, donnant un champ d'égal éclairement de $1°23'$, le champ mesuré dans le plan focal de l'objectif correspond à un cercle de 0^m024 de diamètre, lequel amplifié dix-sept fois aura 0^m41, ce qui est suffisant pour couvrir une glace de $0^m21 \times 0^m27$.

Les appareils destinés aux observations de détails à très grande distance

doivent être composés d'un objectif d'un *pouvoir optique fort* (grande ouverture et long foyer) et d'un oculaire à court foyer. Le champ d'un tel appareil est très réduit, moindre qu'un degré. On peut, pour des instruments destinés à opérer à de moins grandes distances, se servir d'objectifs dont le pouvoir séparateur est moindre, la distance focale plus grande, et qui permettent d'obtenir un champ plus considérable. Enfin, si l'on veut opérer instantanément, on emploiera des objectifs de moins de 1 mètre de foyer, et l'on aura un champ de 2 à 3°.

1079. Appareils à lentilles convergentes. — Jarret a construit sous le nom de téléobjectif un appareil qui se visse sur une chambre ordinaire. L'objectif, de petit diamètre, a 0m20 de foyer; l'oculaire est un oculaire astronomique ordinaire; le champ est relativement grand (*fig. 29*). Cet instrument est facile à manier, mais son pouvoir séparateur est insuffisant et se prêterait mal à des observations précises; tel qu'il est construit, cet instrument est d'un excellent emploi pour le touriste qui veut photographier un sujet dont il ne peut s'approcher à une distance suffisante.

M. Allotte de La Füye a adopté la disposition suivante : une longue chambre noire en bois porte à la partie antérieure l'objectif, et à la partie postérieure, entre la glace dépolie et l'objectif, une planchette sur laquelle

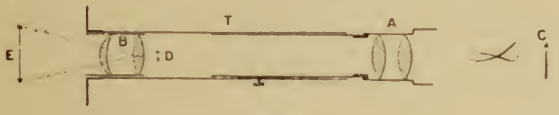


Fig. 29.

se fixe l'oculaire-projecteur. Cette planchette est mobile, de manière à ce que l'on puisse l'approcher ou l'éloigner de la plaque sensible. La glace dépolie est mobile comme dans les systèmes usuels, de façon à permettre la mise au point. En somme, cet appareil constitue une chambre à trois corps (**104**), la planchette intérieure portant l'oculaire-projecteur, à court foyer, qui permet d'obtenir des grossissements variables.

M. le Dr Stolze[1] s'est servi d'un aplanat de 0m28 de foyer combiné avec un aplanat de 0m04 de distance focale faisant l'office d'oculaire-projecteur et grossissant l'image formée par le premier objectif.

1080. Objectif de M. Dallmeyer. — M. Dallmeyer[1] a cherché à produire des images de fort grossissement et cependant d'éclat suffisant pour pouvoir être rapidement fixées par les substances sensibles. Il se sert d'un système convergent associé à une lentille divergente. En principe, l'objectif se compose d'un élément antérieur A, ayant un large diamètre et une courte distance focale, et un

1. *Phot. Wochenblatt*, 1887, p. 7. — 1. *Photo-gazette*, 1892, p. 48.

élément postérieur B, qui est une lentille divergente dont la distance focale n'est qu'une fraction de celle de A (*fig. 30*). Cet instrument diffère donc de beaucoup de l'orthoscopique de Petzval. En effet, dans l'orthoscopique, la combinaison négative est introduite uniquement pour corriger la distorsion et possède une distance focale plus que double de celle de l'objectif entier. La seule ressemblance que présentent les deux objectifs consiste en ce que, dans l'orthoscopique, le point nodal d'émergence est rejeté un peu en avant de la monture. Dans le nouvel objectif, ce point nodal est rejeté à une *grande distance en avant* de l'axe. Une lentille N équivalente à ce téléobjectif nécessiterait un tirage de chambre noire NF bien plus long que le tirage AP.

Suivant la position respective des deux lentilles, le faisceau émergent correspondant à un faisceau incident de rayons parallèles pourra

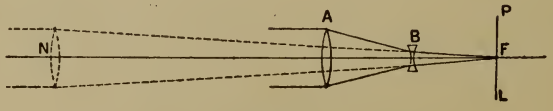


Fig. 30.

être convergent, parallèle ou divergent. Dans ce dernier cas, l'instrument fonctionnera comme lunette de Galilée; mais pour la photographie, il faut que le faisceau émergent soit convergent.

On peut donc assimiler cet appareil à une longue-vue photographique à oculaire divergent; la distance focale de la lentille équivalente sera, d'après les notations que nous avons adoptées,

$$\Phi = -\frac{\varphi\varphi_1}{\delta}.$$

La longueur de l'appareil sera de même :

$$L = \varphi + \frac{(\nu - 1)^2}{\nu}\varphi_1.$$

Par suite, pour un grossissement donné, c'est-à-dire pour une valeur donnée de ν, l'appareil a une longueur bien moindre que celle des lunettes à oculaire convergent; la différence est de quatre fois la longueur φ_1.

Le grossissement est variable et peut être obtenu aussi grand que

l'on veut en écartant progressivement la glace de l'objectif et en réglant convenablement la distance des deux lentilles : grâce à ce réglage, la position de la glace dépolie pourra être quelconque. On pourra amener l'image d'un objet à se faire sur la glace. Si celle-ci est en PL et les deux lentilles en A et B (*fig. 31*) disposées de manière à être au point sur un objet éloigné, nous pourrons amener la glace dépolie en P′ L′ : il suffira pour avoir une image nette du même objet de déplacer la lentille convergente de A en A′.

L'écart des deux lentilles étant fixé et la mise au point étant faite sur un objet éloigné, on ne pourra trouver aucune position de la glace où elle reçoive des images nettes d'objets trop rapprochés; les rayons venant d'un point trop voisin sortiraient divergents de l'objectif. La lentille A tend, en effet, à donner d'un objet une image qui se ferait au delà de son foyer; la lentille B empêche cette image de se former et lui en substitue une autre, plus grande et de même sens, qui n'est réelle que si la première est comprise entre B et son foyer.

Fig. 31.

Or, si l'objet se rapproche, la première image s'éloigne du foyer de A, et quand elle dépasse le foyer de B, l'image définitive devient virtuelle.

Inversement, si l'instrument est réglé pour la mise au point sur des objets rapprochés, on ne pourra obtenir d'images d'objets éloignés qu'en modifiant l'écartement des deux lentilles. Le foyer de la lentille A étant plus grand que celui de B, cet écartement devra être plus grand pour la mise au point sur des objets voisins de l'objectif que pour des objets éloignés.

La profondeur de foyer de cet objectif varie entre un minimum qui dépend des distances focales élémentaires (et qui est atteint quand la glace dépolie est le plus près possible de la lentille divergente) et un maximum qui n'est limité que par le tirage de l'appareil.

Pour calculer la rapidité de l'objectif, on doit considérer la lentille antérieure comme reportée au point nodal d'émergence. Si, par exemple, l'objectif donne d'un objet une image dont les dimensions

soient celles que l'on obtiendrait avec un objectif ordinaire de 0m60 de foyer, et si la lentille A a 0m03 d'ouverture, l'ouverture relative de l'instrument est *f*/20.

Le nouvel instrument construit par M. Dallmeyer réduit au minimum le volume, le poids et la perte de lumière. Cet opticien livre depuis peu de temps des *objectifs téléphotographiques* utilisant des combinaisons bien connues. Les personnes qui possèdent soit l'objectif stéréographique, soit le 1B ou le 2B à portraits, peuvent acquérir séparément la lentille négative avec sa monture en laiton ou en aluminium; on peut établir trois objectifs :

L'objectif téléphotographique n° 1 se compose de l'objectif stéréographique breveté (distance focale principale 0,127, diamètre de la lentille 0,038) et d'une combinaison négative négative de 0m015 de diamètre.

Le n° 2 est formé par l'objectif breveté pour portraits 1B (diamètre des lentilles 0m051, distance focale principale 0m15) et d'une combinaison négative de 0m022 de diamètre.

A TIRAGE	N° 1. ANGLE EMBRASSÉ A TOUTE OUVERTURE 11°			N° 2. ANGLE EMBRASSÉ A TOUTE OUVERTURE 12°			N° 3. ANGLE EMBRASSÉ A TOUTE OUVERTURE 9°		
	Distance focale d'une lentille équivalente.	Intensité à pleine ouverture.	Diamètre de l'image.	Distance focale d'une lentille équivalente.	Intensité à pleine ouverture.	Diamètre de l'image.	Distance focale d'une lentille équivalente.	Intensité à pleine ouverture.	Diamètre de l'image.
centim.	centim.		centim.	centim.		centim.	centim.		centim.
10	45	1 : 11	8	50	1 : 10	10			
12	53	1 : 13	11	57	1 : 11	11			
15	61	1 : 15	13	63	1 : 12,5	13	86	1 : 12,4	14
20	76	1 : 19	17	79	1 : 16	19	108	1 : 15	17
25	91	1 : 22	21	94	1 : 18,5	23	120	1 : 17	21
30	112	1 : 26	25	113	1 : 22,5	28	143	1 : 20	25
35	126	1 : 30	29	127	1 : 25	32	159	1 : 23	29
40	138	1 : 33	35	145	1 : 28,5	36	180	1 : 26	34
45	152	1 : 37,5	38	158	1 : 32	41	197	1 : 28	38
50				175	1 : 35	45	215	1 : 30	41
56				192	1 : 38	50	233	1 : 33	45
61				212	1 : 42	53	254	1 : 36	50
66							269	1 : 38	56
71							284	1 : 40	62
76							314	1 : 45	68
101							400	1 : 60	101

Le n° 3 se compose de l'objectif 2B breveté (diamètre des lentilles 0m07, longueur focale principale 0m216) combiné avec un objectif négatif de 0m025 de diamètre.

Avec une ouverture déterminée, l'angle embrassé est constant pour toutes les positions de la glace dépolie, mais il diminue à mesure que l'on emploie de plus petits diaphragmes. Le diaphragme le plus petit réduit l'angle embrassé avec la pleine ouverture, dans les nos 1, 2, 3, à 8°30″, 9° et 6°30″. Les ouvertures des diaphragmes sont telles que pour une même longueur focale le temps de pose augmente du double lorsque l'on passe d'un diaphragme quelconque au diaphragme dont l'ouverture est immédiatement inférieure. Chaque objectif est muni de sept diaphragmes : le plus petit exige une pose soixante-quatre fois plus longue que celle qui est nécessaire en employant la pleine ouverture.

Le tableau relatif à l'objectif téléphotographique permet de déterminer à l'avance quelle doit être la longueur du tirage de la chambre noire. La première colonne A de ce tableau indique la distance entre la glace dépolie et la combinaison négative. Pour obtenir la distance de la planchette porte-objectif à la glace dépolie, il faut ajouter à ces distances, pour les nos 1, 2 et 3 respectivement, 0m08, 0m10 et 0m15.

Pour une dimension donnée de plaques sensibles, l'angle embrassé décroît, comme dans les lunettes, à mesure que croît le grossissement.

L'image obtenue est de même sens que celle qu'aurait fourni la combinaison antérieure, c'est-à-dire qu'elle est renversée.

Ce nouvel objectif se prête très bien à la photographie astronomique; mais pour cet usage le travail des lentilles doit être plus soigné que lorsqu'il s'agit de consacrer ces lentilles à l'usage photographique. Steinheil[1], dès 1890, a construit un objectif du même genre.

Le Dr A. Miethe, de Postdam[2], a fait breveter, le 18 octobre 1891, un objectif téléphotographique se composant d'une lentille antérieure de 0m16 de foyer et 0m035 d'ouverture. C'est une lentille simple analogue aux nouveaux objectifs à paysages, tournant sa convexité vers l'objet à reproduire. Derrière cette lentille et à une distance variant entre 0,155 et 0,13 se place une lentille concave, formée de trois verres collés et de 0m03 de foyer; entre les deux lentilles on place un

1. *Phot. correspondenz*, février 1892. — 2. *Jarbuch für photographie*, 1891, p. 152.

diaphragme de dimension variable. Un système correcteur composé de deux lentilles que l'on place entre ces deux combinaisons permet d'améliorer les qualités de l'image.

Les objectifs téléphotographiques permettent d'obtenir de bonnes images des sujets placés à une grande distance de l'appareil; mais il est à remarquer que la qualité des images dépend de l'état de l'atmosphère et de la durée du temps de pose. Lorsque pendant la mise au point on s'aperçoit que l'*image est ondulante*, on se servira de petits diaphragmes qui permettent de prolonger la durée de la pose, et le mieux sera de renoncer aux images dites instantanées, si le grossissement est un peu considérable.

1081. Emploi des miroirs pour former l'image. — On peut aussi pour obtenir des photographies à distance se servir de miroirs au lieu d'objectifs, et cette application est déjà ancienne; mais les pertes de lumière par réflexion sont variables suivant la nature de la substance qui constitue le miroir. Elles peuvent être assez différentes de la perte de lumière par transmission dans un objectif comme le montre le tableau suivant :

		Perte.
Lumière directe,	100	0,0
Surface argentée polie,	91,08	8,9
Miroir étamé au mercure,	76,50	23,5
Miroir métallique,	67,18	32,8
Objectif de Fraunhofer,	76,00	24,0
— de Steinheil,	86,67	13,3
Prisme de crown,	77,00	23,0

La première application qui ait été faite pour obtenir des images photographiques à l'aide de miroirs est due à Beard[1]. La combinaison d'objectifs et de miroirs a été employée par Lechi[2], par Draper[3], qui se servaient de miroirs elliptiques. Il y a quelques années, Zenger[4] a insisté sur les avantages que présenteraient pour la photographie l'emploi des miroirs de verre argenté. Ils donnent, en effet, des images dans lesquelles le foyer visuel se confond avec le foyer chimique, et l'aberration sphérique de ces miroirs peut être réduite à un minimum. Ce sont là des avantages sérieux pour la photographie astronomique.

1. *Dingler's Pol. Journ.*, 1841, vol. 79, p. 229. — 2. Schmidt, *Handbuch der Photographie*, 1852, p. 15. — 3. Snelling, *Dictionary of the Phot. Art.*, 1854, p. 207. — 4. *Phot. Archiv.*, 1875, p. 99.

Le Dr Mach, de Prague, a appliqué les images données par les miroirs de verre argenté à la photographie des projectiles et à certaines recherches scientifiques toutes spéciales, recherches pour lesquelles l'emploi des objectifs photographiques ordinaires présentait des inconvénients[1].

§ 5. — Accessoires des objectifs.

1082. Miroirs et prismes redresseurs. — L'image donnée par l'objectif est symétrique de celle du sujet à reproduire par rapport à un point situé sur l'axe de l'objectif; elle est renversée et de sens inverse. C'est là un inconvénient auquel on a cherché à remédier dès les débuts du daguerréotype. On a d'abord employé les prismes redresseurs. Cauche[2] a utilisé dans ce but un prisme à réflexion totale; Chevalier[3] s'est servi d'un prisme dont l'hypothénuse était étamée au mercure ou bien argentée. On plaçait ce prisme à l'avant de l'objectif; la section du prisme était un triangle rectangle isocèle, l'hypothénuse était inclinée à 45° sur l'axe de l'objectif. Il n'est pas nécessaire, avec un prisme à réflexion totale, que l'hypothénuse soit argentée. L'inconvénient de ces prismes réside en ce que leurs dimensions sont souvent considérables; il est difficile d'obtenir des faces rigoureusement planes, et presque toujours ces prismes modifient la distance focale principale de l'objectif par leur interposition sur le trajet des rayons lumineux. En diminuant le diamètre de la lentille antérieure de l'objectif on peut réduire les dimensions du prisme dont la construction est délicate et fort coûteuse; aussi a-t-on essayé de remplacer le prisme par un miroir plan de verre argenté placé soit à l'avant, soit à l'arrière de l'objectif. Mais l'entretien d'un tel miroir, son réglage par rapport à l'axe de l'objectif demandent du soin. Derogy (I, p. 123) place le prisme à l'intérieur de la monture (**179**); l'axe de la lentille antérieure fait un angle de 90° avec l'axe de la lentille postérieure, et chacun de ces axes est incliné de 45° sur le plan réfléchissant. La monture de ces objectifs doit être faite avec le plus grand soin pour obtenir un bon centrage des lentilles.

Quel que soit le système adopté, la durée du temps d'exposition de la plaque sensible sera toujours augmentée quand on se servira de

1. Eder, *Ausfurliches Handbucht*, 1981, p 173. — 2. *Comptes rendus*, 11 novembre 1839. 3. *Comptes rendus*, 26 juillet 1841.

ces accessoires nécessaires pour obtenir des négatifs retournés. Avec certains prismes, cette durée d'exposition doit être d'environ 30 % plus longue que lorsque l'on ne se sert pas de cet instrument.

1083. Compensateur. — L'image photographique négative obtenue avec un objectif embrassant un grand angle est plus intense au centre que sur les bords (**87**). Nous avons indiqué les causes de cette différence d'intensité. Avec certains instruments, tels que les nouveaux périgraphes, les pantoscopes, qui embrassent un angle supérieur à 90°, cette différence est extrêmement sensible, comme cela résulte du tableau (**185 — C**).

Il y a donc nécessité, pour obtenir une image uniformément éclairée, de diminuer la lumière au centre, tout en la conservant sur les bords. Le Dr Miethe est parvenu à ce résultat en se servant d'un compensateur, constitué par une lentille plan convexe en verre fumé, collée à une lentille plan concave de verre incolore, possédant le même indice de réfraction et le même pouvoir dispersif. L'ensemble constitue une lame de verre à faces parallèles que l'on place à distance convenable de l'objectif et qui permet de diminuer dans une assez large mesure la lumière qui arrive au centre de la plaque sans modifier beaucoup celle qui atteint les bords. Ce compensateur, construit par la maison Hartnack, de Postdam, permet d'obtenir des images uniformément éclairées; mais, par son emploi, la durée du temps de pose doit être deux ou trois fois plus longue que si l'objectif était utilisé à la manière ordinaire. Ce petit appareil remplace avantageusement le diaphragme-étoile (**87**).

1084. Montures, diaphragme iris. — Les constructeurs s'efforcent de réduire le plus possible le volume et le poids des montures contenant les lentilles photographiques. Dans ce but, ils tendent à remplacer le laiton par l'aluminium, métal dont la densité est très faible et la résistance considérable. Le prix de ce métal ayant fortement baissé dans ces dernières années, l'emploi de l'aluminium se généralise de plus en plus.

Le diaphragme à vannes (**85**) est remplacé par presque tous les constructeurs par le diaphragme iris (**86**). Ce type de diaphragme entraîne une légère augmentation du poids et du volume de la monture de l'objectif; mais ces inconvénients sont largement compensés par la facilité que présente le changement de diaphragme.

Le diaphragme iris, dont l'invention paraît due au P. Kircher, a été employé dès les premiers temps de la photographie par Niepce. Plus tard, Charles Chevalier[1], Nottone[2], Jamin[3], Quinet[4] en modifièrent la forme et construisirent des objectifs munis de cet accessoire. Les montures nouvelles d'objectifs portent un index mobile en face d'une graduation généralement double, l'une indiquant le temps de pose, l'autre l'ouverture relative de l'objectif avec le diaphragme employé.

1085. Graduation des diaphragmes. — Le diaphragme iris, de même que les diaphragmes constitués par une ouverture circulaire percée dans une plaque métallique, sont gradués de telle sorte que le temps de pose nécessaire va en doublant quand on passe d'un diaphragme au suivant.

Les diamètres des diaphragmes varient comme les nombres suivants en prenant pour unité l'ouverture du plus grand diaphragme $\delta_0 = 1{,}00$.

$$\delta_1 = 0{,}707\ \delta_0$$
$$\delta_2 = 0{,}500\ \delta_0$$
$$\delta_3 = 0{,}353\ \delta_0$$
$$\delta_4 = 0{,}250\ \delta_0$$
$$\delta_5 = 0{,}176\ \delta_0$$
$$\delta_6 = 0{,}125\ \delta_0$$
$$\delta_7 = 0{,}088\ \delta_0$$
$$\delta_8 = 0{,}062\ \delta_0$$

Le Congrès international de photographie de 1889 a adopté comme coefficient de clarté le rapport $\frac{1}{10}$, et le Congrès de Bruxelles, en 1891, a décidé de maintenir cette unité ; elle n'est pas encore adoptée par tous les constructeurs **(168)**.

Le Dr Stolze a proposé une graduation nouvelle. On élève au carré le nombre qui représente la longueur focale principale et l'on divise par le diamètre de l'ouverture élevé au carré. On calcule donc la quantité $\frac{f^2}{d^2}$ et on multiplie cette quantité par $\frac{1}{100}$. Le nombre obtenu en effectuant cette opération est marqué sur le diaphragme.

1. *Bulletin de la Société d'encouragement*, 1840. — 2. *Journ. Phot. Soc. London*, 3, p. 165. — *Bulletin de la Société française de photographie*, 1857, p. 178. — 4. *Ibid.*, 1860, p. 31.

Goerz, de Berlin, gradue ses diaphragmes d'après la formule suivante :

$$p = \frac{1}{10}\left(\frac{f}{d}\right)^2$$

dans laquelle p représente le temps de pose, f la longueur focale principale, d l'ouverture du diaphagme; il numérote ses diaphragmes de la manière suivante :

N°		N°	
4	$= \frac{f}{6,3}$	48	$= \frac{f}{21,9}$
6	$= \frac{f}{7,7}$	96	$= \frac{f}{31}$
12	$= \frac{f}{11}$	192	$= \frac{f}{43,8}$
24	$= \frac{f}{15,5}$	384	$= \frac{f}{62}$

D'autres constructeurs emploient un système de numération un peu différent. C'est ainsi que Zeiss frappe ses diaphragmes de chiffres indiquant l'intensité de lumière propre à chaque ouverture. Il prend comme unité l'intensité de lumière correspondant à une ouverture dont le diamètre est égal à 1/100 de la longueur focale, et il appelle rapport de clarté le rapport qui existe entre le diamètre du faisceau lumineux (mesuré avant son entrée dans l'objectif) et la distance focale. Chaque diaphragme est marqué d'un numéro qui exprime le diamètre du faisceau lumineux admis par ce diaphragme. Les ouvertures de ces diaphragmes vont en doublant d'un numéro au suivant, et les temps de pose sont inversement proportionnels aux numéros des diaphragmes, qui sont :

N°		N°	
1	$= \frac{1}{100}$	32	$= \frac{1}{18,5}$
2	$= \frac{1}{71}$	64	$= \frac{1}{12,5}$
4	$= \frac{1}{50}$	128	$= \frac{1}{9}$
8	$= \frac{1}{36}$	256	$= \frac{1}{9,3}$
16	$= \frac{1}{25}$	512	$= \frac{1}{4,5}$

La Société photographique de la Grande-Bretagne a admis comme unité l'objectif dont le diamètre de l'ouverture, par rapport à celui du foyer, est : $\frac{1}{4}$. Les diaphragmes numérotés en prenant cette unité portent la marque *U. S. N. (Uniform System Numbers)*. Le tableau suivant contient les numéros de diaphragme les plus employés dans ce système.

RAPPORT D'OUVERTURE	U. S. N.	RAPPORT D'OUVERTURE	U. S. N.
$\frac{f}{1}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{f}{12}$	9,00
$\frac{f}{1,414}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{f}{16}$	16,00
$\frac{f}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{f}{22,62}$	32,00
$\frac{f}{2,828}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{f}{28}$	49,00
$\frac{f}{3}$	$\frac{1}{0,562}$	$\frac{f}{32}$	64,00
$\frac{f}{4}$	1,00	$\frac{f}{36}$	81,00
$\frac{f}{5}$	1,56	$\frac{f}{40}$	100,00
$\frac{f}{5,656}$	2,00	$\frac{f}{45,25}$	128,00
$\frac{f}{6}$	2,25	$\frac{f}{56}$	196,00
$\frac{f}{7}$	3,06	$\frac{f}{64}$	256,00
$\frac{f}{8}$	4,00	$\frac{f}{70}$	306,25
$\frac{f}{9}$	5,06	$\frac{f}{80}$	400,00
$\frac{f}{10}$	6,25	$\frac{f}{90,50}$	512,00
$\frac{f}{11,31}$	8,00	$\frac{f}{100}$	625,00

La Convention photographique réunie à Chester a admis[1] la série et le numérotage suivant :

1. *Phot. News*, 1890, p. 502.

Rapport d'ouverture :	$\frac{f}{4}$,	$\frac{f}{5,6}$,	$\frac{f}{8}$,	$\frac{f}{11,3}$,	$\frac{f}{16}$,	$\frac{f}{22,6}$,	$\frac{5}{32}$,	$\frac{f}{45,2}$,	$\frac{f}{64}$.
Durée d'exposition :	1,	2,	4,	8,	16,	32,	64,	128,	256.

1086. Rondelles pour visser les objectifs; adapteurs. — Le Congrès international de photographie tenu à Bruxelles en 1891 a décidé qu'il y avait lieu de modifier légèrement les décisions adoptées en 1889 relativement aux vis et filetages de montures d'objectifs. La série **(139)** adoptée en 1889 a été complétée par l'addition de nouvelles rondelles mesurant 0^{m}025, 0^{m}030, 0^{m}060 et 0,080. Par suite, la nouvelle série normale pour les filetages des montures d'objectifs se trouve ainsi fixée comme numéros d'ordre et diamètres en millimètres :

Numéros :	1,	2,	3,	4,	5,	6,	7,	8,	9,	10.
Millimètres :	20,	25,	30,	40,	50,	60,	75,	80,	100,	125.

Le Congrès a décidé que les montures d'objectifs devraient porter deux signes de repère constitués par le chiffre 0 et placés, l'un sur l'embase, l'autre sur la rondelle correspondante, de façon à se trouver en regard l'un de l'autre quand l'objectif, vissé à fond, est orienté dans la position voulue pour faciliter l'emploi des diaphragmes et de l'obturateur.

Dans le but de fixer rapidement les objectifs sur la rondelle de l'objectif, M. Attout-Tailfer[1] a adopté le système employé pour la fermeture des culasses des canons. Les filets de vis sont interrompus sur une partie de la circonférence de l'écrou et de l'objectif de façon que l'on puisse, après avoir introduit l'objectif dans la rondelle, engager tous les filets par un simple demi-tour. Gasc et Charconnet avaient, dès 1864, adopté sous le nom de « monture à bayonnette » un dispositif présentant certaines analogies avec le précédent.

Les adapteurs (**140**) peuvent rendre quelques services quand il s'agit de fixer rapidement sur une même planchette des objectifs dont les diamètres diffèrent sensiblement. Le système dit *Clégil*, imaginé par M. H. Fourtier[2], permet d'atteindre assez bien ce résultat. Dans une bague de faible saillie, montée sur une embase destinée à être vissée sur la chambre noire, sont logées seize lames de cuivre mince

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 325. — 2. *Phot. Gazette*, 1891, p. 35.

ayant la forme d'une portion de couronne. Ces lames tournent autour de l'une de leurs extrémités sur un pivot fixé sur l'embase et portent à l'autre bout un petit tenon saillant qui s'engage dans des fentes rayonnées, pratiquées sur une couronne pleine en cuivre recouvrant l'ensemble des lamelles. Cette couronne, appelée le moteur, est solidaire par une cheville d'une contre-bague qui coiffe tout le système et porte une embase recouvrant exactement l'embase inférieure. Deux vis, l'une fixe dans l'embase inférieure, l'autre facilement serrée ou desserrée, grâce à une tête moletée, assemblent les deux embases ; la contre-bague supérieure est munie suivant un diamètre de deux boutons de manœuvre, et porte deux encoches circulaires au droit des vis, de manière à ce qu'on puisse lui imprimer un mouvement de rotation d'une amplitude d'environ 60°. En agissant sur les boutons de la contre-bague on force les extrémités des lamelles à se rapprocher du centre, et par leur entrecroisement elles forment une ouverture qui va en se rétrécissant au fur et à mesure que le mouvement s'accentue.

La manœuvre de l'appareil est des plus simples : il suffit de présenter le pas de vis de l'objectif, débarrassé de sa rondelle, dans l'ouverture, et de la rétrécir en agissant sur les boutons jusqu'à ce qu'elle saisisse fortement l'objectif ; on serre à fond la vis moletée. On a eu soin dans cette opération de serrer fortement l'embase sur l'iris ; de cette façon, on évite toute introduction de lumière.

1087. Écrans colorés pour plaques orthochromatiques ; objectifs colorés. — L'usage des écrans colorés remonte aux premières années de l'emploi du collodion humide. Les glaces à faces parallèles, de couleurs diverses (verre fumé, vert, jaune d'ambre pâle, etc.) placées dans la monture de l'objectif permettaient, comme l'avait fait observer Gulliver[1], de reproduire les différentes couleurs d'un tableau par le procédé du collodion humide. Berthiot[2] a fabriqué longtemps après des glaces à faces parallèles (bleues, jaunes, etc.) qui étaient d'un bon emploi dans l'application du procédé de Ducos du Hauron. A l'aide de ces glaces on peut modifier avantageusement la nature du phototype à obtenir (**472**).

Au lieu de se servir d'un écran coloré on a proposé de recouvrir de

1. *Journ. of the Phot. Soc. London*, 9 avril 1859 ; *Bulletin de la Société française de photographie*, 1859, p. 171. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1875, p. 119.

vernis spécial la lentille antérieure de l'objectif; ce procédé est peu pratique. Attout-Tailfer a récemment fait construire des objectifs en verres jaunes, objectifs qui sont d'un bon emploi avec les plaques orthochromatiques.

L'utilisation de verres colorés pour la construction des objectifs a été proposé par Gaudin[1]. Il recommandait pour cet usage l'emploi du verre bleu, et afin de compenser la différence d'épaisseur du centre et des bords de la lentille, il proposait de n'employer que la partie centrale de celle-ci. Claudet[2], sur les conseils de sir David Brewster, avait construit des lentilles en cristal de roche et en *topaze*. L'on était obligé de déterminer à l'aide du focimètre (*fig. 32*) la position du foyer chimique. Pour obtenir le plus de lumière possible, ces lentilles furent taillées aussi minces que le permettaient leurs courbes; dans les lentilles de topaze les rayons de courbure furent dans le rapport de 6 à 7, afin de réduire au minimum l'aberration de sphéricité. Le

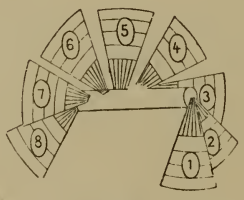


Fig. 32.

temps nécessaire pour obtenir un portrait avec ces sortes d'objectifs était cinq à six fois plus long que lorsque l'on opérait avec les objectifs ordinaires. Ces instruments ne présentaient pas à cette époque l'intérêt qui s'attache aujourd'hui à leur emploi; aussi leur construction fut abandonnée. Les lentilles de topaze nécessitent d'ailleurs une assez longue durée du temps d'exposition à la chambre noire.

§ 6. — Détermination des constantes d'un objectif.

1088. Constantes instrumentales. — Les constantes d'un objectif sont :

1° La distance focale principale;

1. *La Lumière*, 1867, et *Bulletin belge de la photographie*, 1867, p. 129. — 2. *Bulletin belge de la photographie*, 1868, p. 81.

2° La position des points nodaux;
3° L'angle du champ;
4° Le coefficient d'ouverture utile;
5° Le coefficient de transparence;
6° La profondeur de foyer et la forme du volume focal;
7° La profondeur du champ.

La détermination de ces constantes peut être faite d'une manière suffisamment précise à l'aide d'un matériel extrêmement simple. Il suffit que la base de la chambre noire soit munie d'une règle graduée en millimètres portant un vernier permettant d'apprécier le $^1/_{10}^e$.

Un autre appareil très utile pour ces déterminations a été construit par M. Carpentier[1]. Il consiste (*fig. 33*) en un plateau circulaire formé de deux disques superposés pouvant tourner l'un sur l'autre autour de leur axe commun.

Le disque supérieur est garni sur son pourtour d'un cercle divisé et porte une denture avec laquelle engrène un pignon dont l'axe est

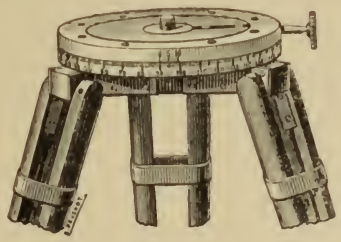


Fig. 33.

monté sur l'autre partie; celle-ci porte, en outre, un vernier de façon à permettre d'apprécier avec précision les déplacements relatifs des deux pièces.

La pièce inférieure porte au centre un écrou semblable à ceux des chambres noires, de façon à pouvoir se monter sur les pieds en usage pour ces dernières.

La pièce supérieure porte de son côté, en son centre, une tige saillante, filetée, ayant les dimensions des vis de pied de chambre noire, de façon à pouvoir se visser dans l'écran de celle-ci.

Grâce à cette disposition, on peut toujours interposer le double plateau entre une chambre noire quelconque et son pied, et, cette

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 345.

opération faite, on peut, en manœuvrant le bouton qui commande le pignon denté, faire tourner la chambre sur son pied et évaluer avec une grande précision, grâce à la graduation, l'angle dont on l'a ainsi déplacé.

1809. Mesure de la distance focale principale. — Nous avons indiqué (**142** à **152** et **1038**) diverses méthodes permettant de mesurer la distance focale principale d'un objectif. Le photographe devra presque toujours donner la préférence à la méthode de MM. A. Davanne et Martin; mais il ne doit pas oublier que cette méthode perd beaucoup de sa précision si l'on emploie comme mire un trait rectiligne, ou lorsqu'on y fait intervenir une mesure de grossissement (**159**).

Une autre méthode susceptible de fournir une mesure précise est celle de Grubb[1], modifiée de manière à supprimer les constructions graphiques. On parvient à les éviter facilement en se servant du cercle gradué de M. J. Carpentier, appareil qui se place sur le pied de la chambre noire. On complète cet appareil en traçant sur la glace dépolie de la chambre noire deux traits fins, verticaux, situés à une distance exactement mesurée (soit 0^m025) d'un trait semblable tracé sensiblement au milieu de la glace.

Soient N_1 et N_2 (*fig. 34*) les deux points nodaux d'un objectif, soit L un point lumineux situé à une distance suffisante pour que l'image puisse être considérée comme se formant dans le plan focal

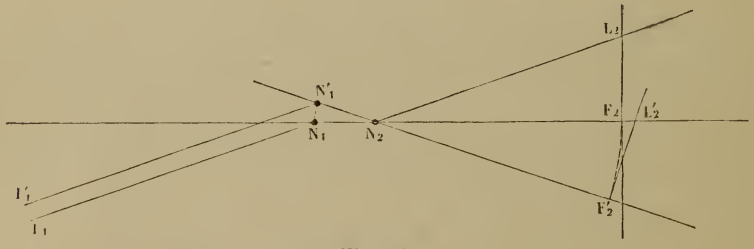


Fig. 34.

principal, l'image de ce point se fera en L_2. Si l'on fait tourner tout l'appareil (chambre et objectif) autour du point nodal d'émergence N_2 d'un angle $\omega = F_2 N_2 L_2$, N_1 vient en N'_1, et l'image du point L_1

1. Van Monckhoven, *Traité général de photographie*, 5e édit., 1865, p. 102.

subit sur la glace dépolie un déplacement apparent $L_2 F_2 = d$. On peut mesurer cette quantité d ainsi que l'angle ω; le triangle rectangle $F_2 L_2 N_2$ donne la relation

$$f = \frac{d}{\text{tang } \omega} .$$

On commence, pour obtenir cette distance focale f, par mettre au point sur un objet suffisamment éloigné, en amenant l'image sur le trait tracé au milieu de la glace, puis on fait tourner la chambre de façon à amener l'image du même objet sur l'un des traits situés à une distance d du trait central; on lit l'angle ω dont il a fallu faire tourner la chambre noire, on a mesuré d; on obtient f par la formule précédente. On vérifie cette valeur en amenant successivement l'image sur les deux traits tracés à la même distance, à droite et à gauche du trait central, et si ces deux opérations donnent des valeurs différentes pour l'angle ω, on prendra la moyenne des deux distances. Il n'est pas nécessaire que les deux traits soient situés à des distances rigoureusement égales; il suffit que ces distances d et d' soient rigoureusement mesurées; on obtiendra :

$$f' = \frac{d'}{\text{tang } \omega'} ,$$

on prendra la moyenne des valeurs f et f'.

Pour permettre de tracer facilement sur la glace dépolie d'une chambre noire quelconque des traits dont l'écartement soit rigoureusement connu, M. Carpentier fait usage d'un calibre traceur qui est formé d'une plaque de laiton dans laquelle sont découpées deux fenêtres (*fig.* 35). L'un des bords de ce calibre est taillé en biseau, ainsi que les bords correspondants des fenêtres, de façon à former un système de règles assemblées présentant trois arêtes rigoureusement parallèles, placées à des distances fixes et connues; ces trois arêtes sont à une distance de 0^m025 l'une de l'autre. On applique ce calibre sur la face dépolie de la glace de la chambre noire en interposant entre l'instrument et le côté vertical du cadre de la glace un bout de règle ou de planchette à bords sensiblement parallèles et de largeur telle que le bord du calibre se trouve dans le voisinage du centre du verre dépoli; à l'aide d'un crayon très finement taillé on trace sur le

verre trois lignes parallèles qui se trouvent ainsi exactement à l'écartement de 0m025 l'une de l'autre.

En retournant le calibre, que l'on amène au contact de l'autre bord

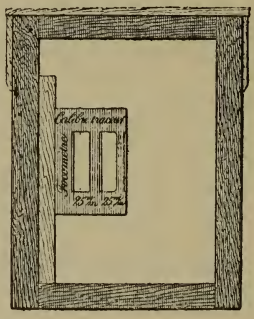


Fig. 35.

du châssis après avoir interposé la même réglette, on trace une nouvelle ligne médiane voisine de la première et deux lignes situées à 0m025 et 0m050 de cette dernière[1].

1090. Position des points nodaux. — La connaissance de la position des points nodaux est fort utile : elle évite de longs tâtonnements lorsqu'il s'agit d'obtenir des images avec un grossissement exactement déterminé. La position de ces points peut être définie par leurs distances au sommet des faces extrêmes de l'objectif. On arrive à connaître leur position soit par l'emploi du tourniquet (**144**), soit en utilisant les mesures faites en déterminant la distance focale principale par la méthode de MM. Davanne et Martin.

En appliquant cette méthode, lorsqu'on a fait la mise au point sur l'infini, on mesure la distance qui sépare la glace dépolie du sommet de la lentille postérieure de l'objectif : on a ainsi ce que l'on appelle quelquefois la longueur focale (*bath focus*). En retranchant cette longueur focale de la distance focale absolue mesurée par la méthode de MM. Davanne et Martin, la différence donne l'intervalle qui sépare la face postérieure du point nodal d'émergence.

Si l'objectif est symétrique, le point nodal d'incidence se trouve à une égale distance de la face d'entrée; dans le cas contraire, on recom-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 350.

mence l'expérience en retournant l'objectif : on doit trouver la même valeur pour la distance focale absolue, mais une valeur différente pour la longueur focale. La nouvelle différence donne la distance du point nodal d'incidence à la face antérieure.

On peut aussi déduire ces positions des lectures faites en cherchant la longueur focale principale par la méthode de M. Cornu (**142**). D'une manière générale[1], ayant déterminé la distance focale absolue, il suffira d'en retrancher la longueur focale relative à la face d'entrée pour avoir la distance z_1 du point nodal d'incidence à cette face, et la longueur focale relative à la face de sortie pour avoir de même z_2.

1091. Mesure de l'angle de champ. — L'angle du *champ de visibilité* d'un objectif est celui que font entre eux les axes secondaires des faisceaux les plus obliques qui ne soient pas interceptés par la monture.

L'angle du *champ de netteté* est celui des axes secondaires des faisceaux les plus obliques qui donnent sur la glace dépolie d'objets très éloignés, des images nettes en même temps que celle d'un point situé sur l'axe principal.

L'*angle embrassé* par l'appareil (chambre noire et objectif) est l'angle que font entre elles les lignes joignant le point nodal d'émergence à deux points pris à la hauteur du centre, aux deux bords de la glace dépolie.

Il existe des procédés de mesure assez précis permettant d'obtenir la valeur de ces angles (**153, 156, 185**). On l'obtient avec une approximation suffisante en divisant par la distance focale absolue la demi-longueur de la glace dépolie, si celle-ci est entièrement éclairée, ou, dans le cas contraire, le rayon du cercle éclairé. Ce rapport donne la tangente trigonométrique du demi-*angle embrassé* par l'appareil, ou du demi-angle de champ de visibilité de l'objectif.

Supposons, par exemple, que l'on monte un anastigmat de Zeiss 1 : 18 de 0^m112 de foyer sur une chambre noire de $0^m13 \times 0^m18$. La glace dépolie sera entièrement éclairée, la demi-longueur de la glace dépolie est 0^m09 ; le rapport

$$\frac{0^m09}{0^m112}$$

1. Wallon, *Traité élémentaire de l'objectif photographique.*

représente la tangente du demi-angle *embrassé par l'appareil;* l'angle est donc 80°34′.

Si l'on monte le même objectif sur une chambre $0^m18 \times 0^m24$ on constate que le diamètre du champ de visibilité est de 0^m28; la demi-longueur de ce diamètre est 0^m14; le rapport

$$\frac{0^m14}{0^m112}$$

représente la tangente du demi-angle de *champ de visibilité*. Le champ de visibilité est donc 102°40′.

Pour obtenir le *champ de netteté* on pointe la chambre noire sur un bâtiment éloigné, on met au point à la loupe au centre de la glace, on agit alors sur la crémaillère de la chambre noire et on déplace la glace dépolie jusqu'à ce que la netteté, sans disparaître du centre, s'étende le plus loin possible vers les bords. En mesurant la distance des images nettes extrêmes et divisant la moitié de cette distance par la distance focale absolue, on a la tangente du demi-champ de netteté. On recommence cette opération avec les divers diaphragmes.

Soit, par exemple, le même anastigmat 1 : 18 de distance focale principale 0^m112, muni de l'avant-dernier diaphragme et monté sur une chambre $0^m18 \times 0^m24$, la distance des images nettes extrêmes est 0^m27, dont la moitié est 0^m135; le rapport

$$\frac{0^m135}{0^m112}$$

représente la tangente du demi-champ de netteté. Le champ est donc 100°38′.

La distance des images nettes extrêmes mesure le diamètre du *champ rond* [1]. Pour que l'objectif, avec le diaphragme employé, *couvre* une glace de dimension donnée il faut que la diagonale de cette glace soit plus petite que le diamètre du champ rond; dans l'exemple cité, l'objectif couvrira la glace $0^m15 \times 0^m21$. Pour que la glace soit couverte (*fig. 36*), il faut qu'elle puisse être comprise tout entière dans le champ rond (**185**).

Quand la chambre noire est montée sur le cercle divisé de M. Car-

1. Wallon, *Traité élémentaire de l'objectif photographique*, p. 153.

pentier, la mesure de l'angle du champ se fait directement à l'aide des droites tracées sur la glace dépolie que l'on fait coïncider succes-

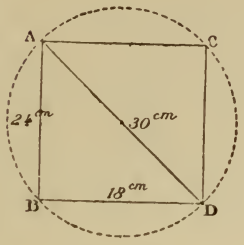


Fig. 36.

sivement avec les extrémités d'un diamètre de cercle de visibilité. Il en est de même pour la mesure du champ de netteté, de l'angle embrassé, etc. Il suffit de lire directement ces angles sur le cercle divisé.

1092. Coefficient d'ouverture utile. — Nous désignerons sous le nom d'*ouverture* d'un objectif l'ouverture du diaphragme qui lui est adapté.

L'*ouverture utile* est la section du faisceau incident parallèle à l'axe principal qui peut traverser ce diaphragme : ces deux ouvertures sont mesurées par leur diamètre.

Le *coefficient d'ouverture utile* est, par définition, le rapport de l'ouverture utile à l'ouverture : il est donc égal au rapport de leurs diamètres.

Lorsque le faisceau incident rencontre le diaphragme avant d'arriver aux lentilles, ce coefficient est égal à l'unité : c'est le cas des objectifs simples. Dans les objectifs composés il n'arrive au diaphragme qu'après avoir traversé un premier système optique; il est devenu conique par suite des réfractions qu'il a subies, et son diamètre à l'incidence qui mesure l'ouverture utile est plus grand que son diamètre au moment où il traverse le diaphragme; par conséquent le coefficient d'ouverture utile est plus grand que l'unité.

Pour un objectif donné, le coefficient d'ouverture utile est indépendant du diaphragme employé. Il est, en effet, complètement déterminé par la nature et la position du système optique placé en avant du diaphragme; il suffira donc, avec chaque objectif particulier, de mesurer une fois pour toutes ce coefficient d'ouverture

utile. Soit une coupe du faisceau éclairant un objectif (*fig. 37*) par un plan passant par l'axe; soient N_1 et N_2 les points nodaux de la combinaison antérieure, Φ_2 son foyer principal d'émergence, D le centre et D′ le bord du diaphragme, nous avons

$$\frac{Y_2N_2}{DD'} = \frac{N_2\Phi_2}{D\Phi_2} = \frac{N_2\Phi_2}{N_2\Phi_2 - N_2D}.$$

Soit λ la distance de diaphragme au point nodal d'émergence de la combinaison antérieure, y le rayon du faisceau cylindrique,

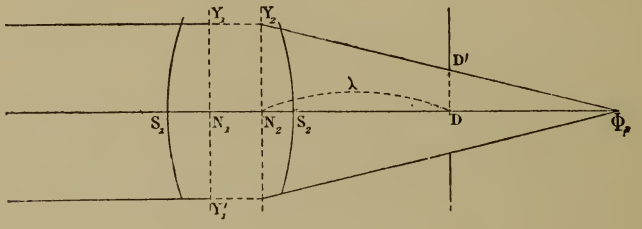


Fig. 37.

parallèle à l'axe qui est admis dans l'objectif; λ étant compté à partir du point D′ et $DD' = r$

$$\frac{y}{r} = \frac{-\varphi_2}{-\varphi_2 - \lambda} \text{ ou } \frac{2y}{2r} = \frac{\varphi}{\varphi - \lambda},$$

par suite

$$y = r\,\frac{\varphi}{\varphi - \lambda}.$$

Le premier facteur r varie avec le diaphragme employé; le second est caractéristique de l'objectif et doit être déterminé une fois pour toutes. Il faut connaître φ et λ; pour cela on enlève de l'objectif les lentilles situées en arrière du diaphragme de manière à réduire l'instrument à sa combinaison antérieure; on détermine alors la distance focale principale et la position des points nodaux de cette combinaison. On connait ainsi φ et y_2 distance du point nodal N_2 à la face de sortie S_2 de la combinaison antérieure; on mesure la distance $D\,S_2 = \lambda'$ du diaphragme à cette face; on a alors en grandeur et en signe :

$$\lambda = \lambda' + y_2.$$

On a donc tous les éléments suffisants pour le calcul.

On peut mesurer par deux méthodes (elles ne sont pas susceptibles d'une grande précision) ce coefficient d'ouverture utile.

a) On dispose l'objectif sur la chambre noire et on met au point sur un objet placé très loin ; on substitue à la glace dépolie amenée au foyer principal une feuille de carton ou de tôle percée en son centre d'un petit trou ; on place l'appareil dans l'obscurité, on éclaire le trou aussi fortement que possible (par quelques centigrammes de poudre de magnésium) après avoir placé une plaque sensible contre le parasoleil de l'objectif ; on développe sur la plaque une tache circulaire dont on mesure le diamètre ; en divisant ce diamètre par celui du diaphragme dont est muni l'objectif on a le coefficient d'ouverture utile.

b) Le second procédé est plus expéditif. Dans l'expérience précédente, après avoir remplacé la glace dépolie par la feuille de carton, on met l'œil au contact du trou percé dans cette feuille ; on aperçoit alors en regardant vers l'objectif un cercle lumineux. On applique un compas sur la lentille antérieure, et on en rapproche les pointes jusqu'à les voir apparaître en deux points diamétralement opposés, au bord de ce cercle lumineux : l'écart des pointes donne le diamètre d'ouverture utile.

En multipliant le nombre trouvé par le diamètre de chacun des diaphragmes on aura la valeur de l'ouverture utile correspondant à chacun d'eux.

1093. Coefficient de transparence. — Le *pouvoir photométrique* ou *clarté* d'un objectif (**161**) peut se définir de la manière suivante :

La clarté d'un objectif est le rapport entre l'éclat de l'image qu'il donne d'un objet placé à l'infini sur l'axe principal et l'éclat de l'image que donnerait du même objet un objectif pris pour type.

Le coefficient de clarté est l'inverse de la clarté.

Les Congrès de 1889 et 1891 ont décidé que dans tout objectif la clarté normale, prise comme unité, serait obtenue par l'emploi d'un diaphragme dont le diamètre, multiplié par le coefficient d'ouverture utile, serait le dixième de la distance focale. Connaissant le temps de pose T pour obtenir avec ce diaphragme l'image d'un objet, il faudra, pour calculer le temps de pose nécessaire avec un autre diaphragme, multiplier T par le coefficient de clarté correspondant à cette nouvelle ouverture.

Il n'est pas correct en pratique de négliger les pertes de lumière, souvent très importantes et variant notablement d'un objectif à l'autre, avec la nature des verres employés et avec le nombre des surfaces de séparation d'air et de verres. En réalité, sous une ouverture donnée, un objectif dont la clarté théorique a une valeur C ne possède qu'une clarté $\frac{C}{A}$, A étant supérieur à l'unité. Nous appellerons *clarté propre* de l'objectif, sous l'ouverture donnée, ce rapport $\frac{C}{A}$, et son inverse $\frac{A}{C}$ sera le *coefficient de clarté propre*[1]. Le coefficient de transparence est la fraction $\frac{1}{A}$; sa valeur moyenne dans les objectifs doubles est $\frac{4}{5}$ environ. Il n'y a pas de méthode simple permettant de le mesurer avec exactitude; il serait d'ailleurs difficile d'en trouver une parce que l'affaiblissement de l'intensité lumineuse porte inégalement sur les diverses radiations qui se propagent dans le faisceau.

On peut cependant comparer grossièrement la transparence de deux instruments (**163, 164**) soit par la méthode de M. de La Baume-Pluvinel, soit par celle de M. le commandant Moessard.

1094. Profondeur de foyer et forme du volume focal. — Considérons le cône des rayons émergents d'un objectif qui forme l'image d'un point : de part et d'autre de son sommet ce cône présente une région dans laquelle sa section, ayant moins de $0^{m}0001$ de diamètre, peut être considérée comme un point. Dans cette région on pourra déplacer la glace dépolie ou la plaque sensible sans que l'image du point cesse d'être nette, ou plus exactement sans que l'image du point dépasse en étendue la surface de diffusion tolérée. La distance des positions extrêmes de l'écran mesure ce que l'on appelle *la profondeur de foyer*. Cette profondeur de foyer n'est, à proprement parler, que la tolérance de mise au point. Étant donnée la distance du point lumineux, la profondeur de foyer est complètement déterminée par les valeurs de l'ouverture utile et de la distance focale de l'objectif; elle est inversement proportionnelle à la première de ces quantités (**170-A**). La profondeur du foyer suivant les directions obliques varie avec l'inclinaison.

1. Wallon.

Suivant ces mêmes directions, la profondeur est moindre que suivant l'axe principal et diminue à mesure qu'augmente l'inclinaison. Si l'on se borne aux rayons venant de l'infini, le lieu des positions extrêmes que l'on peut donner à la glace, suivant les diverses direc-

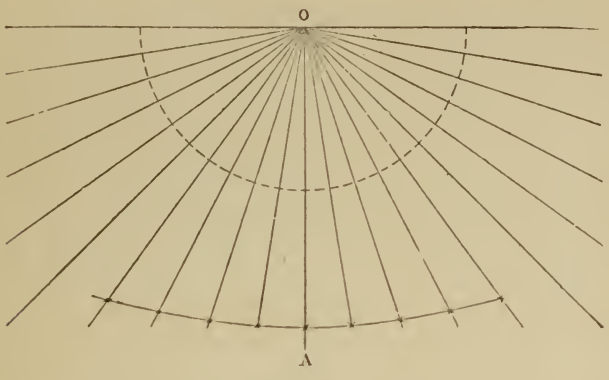


Fig. 38.

tions, sera formé de deux surfaces analogues à la surface focale principale et limitant ce qu'on peut appeler le volume focal principal. Ce volume, pour un même objectif, varie avec le diaphragme; il est bon

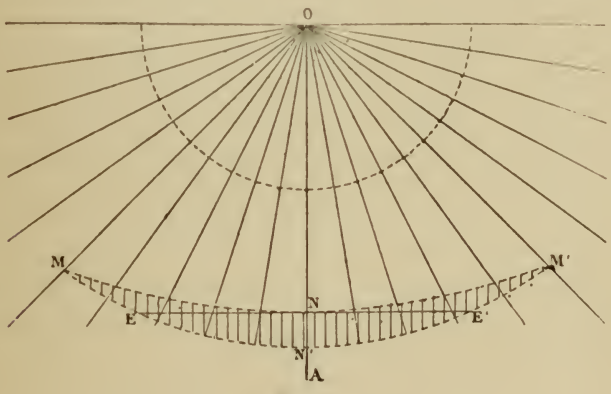


Fig. 39.

de l'étudier pour le plus grand et pour le plus petit. On l'étudie par un procédé analogue à celui qui permet d'étudier la forme de la surface focale (*fig. 38*); mais, dans ce cas, on commence par mettre au point sans diaphragme et on note la position du cadre dépoli, puis on

diaphragme l'objectif et on déplace le cadre à glace dépoli jusqu'à ce que l'image cesse d'être nette. On mesure le déplacement de ce cadre et on porte cette longueur vers le point nodal sur une droite indéfinie sur laquelle est indiquée la longueur focale, on remet au point et on note la position de la glace dépolie en arrière du foyer; sur la droite indéfinie, à partir de l'extrémité correspondant au point d'intersection de l'axe avec le plan focal principal, on porte, à partir de ce point d'intersection, la longueur correspondante à ce dernier déplacement de la glace dépolie. En recommençant ces opérations pour plusieurs portions de la glace dépolie on obtient deux séries de points que l'on réunit par des traits continus : on a ainsi une section du volume focal analogue à celle qui est fournie par le tourniquet (*fig. 39*).

A mesure que l'ouverture utile de l'objectif augmente, le volume tend à se réduire à une surface qui est la surface focale. Cette *surface focale* est la limite vers laquelle tend le volume focal quand la profondeur de foyer tend vers zéro[1].

Pour qu'une plaque de dimension donnée soit couverte, il faut et il suffit qu'une ligne égale à la diagonale de cette plaque menée perpendiculairement à l'axe puisse être entièrement comprise dans le volume focal.

1095. Profondeur de champ. — La profondeur de champ est complètement déterminée par les valeurs de l'ouverture utile et de la distance focale principale, étant donnée la distance de l'objet sur lequel est faite la mise au point. Lorsque la mise au point est faite sur un objet à distance déterminée, on constate que sur la glace dépolie il se forme des images pratiquement nettes de points situés de part et d'autre du plan de cet objet à des distances suffisamment petites : c'est là ce qui constitue la *profondeur de champ*, que l'on confond souvent avec la *profondeur de foyer*. Quand la mise au point est faite sur l'infini, la profondeur de champ devient infinie, mais le champ est limité en avant par une surface dont la distance à l'objectif est dite distance hyperfocale **(159)**.

1096. Étude de la surface focale principale. — Le tourniquet du commandant Moessard fournit un moyen très commode d'étudier la forme de la surface focale principale (**154**). A défaut de

1. Wallon, *Traité élémentaire de l'objectif photographique*, p. 151.

cet appareil, on peut, à l'aide du procédé suivant, obtenir d'une manière assez approchée la forme de cette surface focale. On monte l'objectif non diaphragmé sur une grande chambre noire ordinaire en disposant horizontalement la plus grande dimension de la glace dépolie, sur laquelle a été tracée une division de lignes parallèles distantes de 0m01; on a, d'autre part, tracé sur une feuille de papier un rectangle ayant comme côtés la distance principale OF et la longueur CD de la glace dépolie et mené dans ce rectangle des lignes parallèles distantes de 0m01 (*fig. 40*); on pointe l'appareil sur un grand

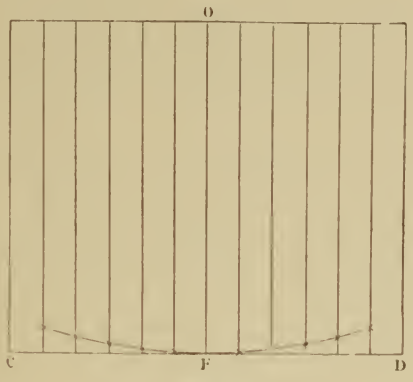


Fig. 40.

bâtiment assez éloigné et présentant des détails nets, en se plaçant dans une direction normale; on met au point sur le centre de la glace avec une bonne loupe et on note la position du cadre qui porte la glace dépolie. Cela fait, on met au point sur la première ligne à gauche du centre par exemple; pour cela faire, on déplace la glace d'une certaine quantité qu'il est facile de mesurer et que l'on reporte sur la feuille de papier, sur la première ligne à gauche de OF, à partir de la ligne CD; on continue ainsi en s'écartant progressivement du centre jusqu'à ce qu'on ne trouve plus d'image nette; après avoir opéré de même à droite, on joint par un trait continu les points reportés[1]. On obtient ainsi autant de sections que l'on veut de la surface focale principale.

1. Wallon, *Traité élémentaire de l'objectif photographique*, p. 149.

§ 7. — ESSAI D'UN OBJECTIF.

1097. Appareils pour essayer les objectifs. — L'un des appareils les plus pratiques pour essayer les objectifs est le tourniquet du commandant Moessard (**144**); mais, dans bien des cas, on peut utiliser diverses méthodes qui ne nécessitent pas l'emploi de cet appareil.

Les observations nombreuses qui constituent l'essai d'un objectif doivent porter sur les points suivants : 1° centrage ; 2° travail des surfaces ; 3° position des diaphragmes ; 4° achromatisme ; 5° aplanétisme ; 6° astigmatisme ; 7° distorsion ; 8° tache centrale.

1098. Centrage de l'objectif. — On peut reconnaître rapidement à l'aide du tourniquet (**154**, **166**) si l'objectif est bien centré. On examine si en donnant diverses positions à l'objectif dans sa rondelle et agissant chaque fois sur la manivelle l'immobilité obtenue pour l'une des positions peut l'être aussi pour toutes les autres ; si l'objectif n'est pas bien centré, on ne pourra obtenir l'immobilité de l'image, sauf pour deux positions particulières.

On peut aussi, par la méthode de Wollaston (**166**), s'assurer de l'imperfection du centrage. On regarde à travers l'objectif une bougie placée à une certaine distance ; par suite des réflexions qui se produisent sur les diverses faces, on voit une série d'images qu'il est toujours possible d'amener sur une même ligne droite pour une position convenable de l'objectif et de l'œil si le système est bien centré, tandis qu'il n'est pas possible de le faire si le centrage est mauvais.

1099. Travail des surfaces. — Les défauts dans le travail des surfaces sont facilement mis en évidence par l'emploi du tourniquet (**154**, **156**). En tournant l'objectif dans sa monture et déterminant pour chaque position la méridienne de la surface focale, on devra trouver des courbes identiques dans les opérations successives.

1100. Position des diaphragmes. — Dans la construction de l'objectif simple, l'opticien s'attache à obtenir un champ assez grand, tout en réduisant la distorsion à un minimum. Il peut donc arriver que le champ de visibilité soit notablement réduit. L'on s'aperçoit

encore que son étendue diminue par l'introduction de diaphragmes de plus en plus petits. Si les diaphragmes sont bien placés dans un objectif composé, on ne doit pas constater de diminution sensible du champ de visibilité.

1101. Achromatisme, champ achromatique. — L'essai de l'achromatisme de l'objectif peut se faire d'une manière suffisamment approchée pour les besoins de la pratique sans employer d'appareils spéciaux; on procédera de la manière suivante si l'on possède un spectroscope à vision directe.

On découpe dans une feuille métallique une fente rectangulaire, étroite, traversée horizontalement par un fil fin; on place verticalement cette fente devant une surface blanche bien éclairée. L'objectif à essayer étant disposé sur une chambre noire, on reçoit l'image de la fente au centre du verre dépoli; on met au point à l'aide d'une forte loupe.

L'image qui se forme sur la glace dépolie est constituée par la superposition imparfaite des images données par les différentes couleurs, et dont une seulement, si l'achromatisme de l'objectif n'est pas réalisé, deux seulement dans le cas contraire, se forment dans le plan de la glace dépolie; on applique en ce point l'extrémité d'un spectroscope à vision directe, pouvant se déplacer suivant son axe au moyen d'une crémaillère. Si l'achromatisme n'est pas réalisé, la netteté n'existera que pour la partie jaune du spectre, et l'on aura la mesure de l'aberration par la somme des déplacements qu'il faudra donner au spectroscope pour obtenir successivement la netteté dans les deux couleurs extrêmes. Si l'objectif est achromatique, la netteté s'observe à la fois dans deux régions différentes du spectre; on voit immédiatement quelles sont les deux couleurs dont les foyers se superposent exactement. On choisit en général pour les couleurs à superposer le jaune de la raie D et le violet de la raie G, ceci à cause de la facilité de la mise au point; il vaudrait mieux réunir le bleu et le violet pour obtenir le maximum de netteté.

Le *champ achromatique* est l'angle des faisceaux extrêmes pour lesquels l'objectif est exempt d'aberration de réfrangibilité. Si l'on veut le déterminer, on effectuera l'essai de l'achromatisme à l'aide du tourniquet du commandant Moessard. Cet appareil permettra de répéter l'opération dans diverses directions obliques à l'axe principal. On mettra au point l'image de la fente sur le micromètre, puis on

remplacera l'oculaire du micromètre par le spectroscope à vision directe.

1102. Aplanétisme. — L'essai de l'aplanétisme peut être fait en suivant une méthode semblable à celle adoptée pour l'essai des objectifs d'astronomie. On dispose l'objectif sur la chambre noire en supprimant le diaphragme, on vise un objet assez éloigné présentant des détails nets, on recouvre avec un anneau de papier opaque, appliqué contre la lentille d'avant, la portion périphérique de l'objectif, on met au point et l'on fait une image négative du sujet; on fait poser une nouvelle glace sensible, mais en masquant cette fois la partie centrale de l'objectif avec le disque de papier dont l'enlèvement a donné le vide de l'anneau. La netteté de la nouvelle image, formée exclusivement par les rayons marginaux, doit être, si l'objectif est rigoureusement aplanétique, aussi parfaite que celle de la première, uniquement due aux rayons centraux. En général, il n'en est pas ainsi et la partie centrale de l'objectif donne l'image la plus nette.

1103. Astigmatisme. — Lorsqu'on se sert d'un objectif très peu diaphragmé et que l'on cherche à mettre au point les bords de l'image, on constate le plus souvent qu'il est impossible d'obtenir une netteté satisfaisante. Si l'on examine l'image donnée par un objectif mal corrigé de l'astigmatisme d'un réseau formé de raies verticales et horizontales (mur en briques à joints blancs, bien éclairé), on observe, en déplaçant lentement la glace dépolie, que les lignes verticales d'une part et les lignes horizontales d'autre part prennent une importance exagérée.

1104. Distorsion. — On peut étudier très facilement à l'aide du tourniquet la distorsion et la mesure du champ de distorsion (**160**). Si la distorsion est sensible au voisinage même de l'axe, on ne peut plus, quand le point nodal est sur l'axe de rotation, obtenir l'immobilité de l'image, même pour de petits mouvements de la manivelle. Soit un objectif donnant une distorsion en forme de croissant. Supposons que le point nodal se trouve en arrière de l'axe de rotation, le mouvement de la manivelle produira un mouvement de l'image dans le sens de la rotation. Ce mouvement, pour un même déplacement angulaire de la manivelle, sera maximum aux environs du zéro, les déplacements II′, I′I″ (*fig. 41*) de l'image étant les projections, sur

le micromètre, des arcs égaux, mais d'obliquité croissante $N_2N'_2$, $N'_2N''_2$ que décrit le point nodal autour de l'axe de rotation R. La distorsion produira un autre mouvement de l'image dans le même sens, mais qui, lui, croîtra à partir du zéro; il s'ajoutera au premier et l'on n'observera qu'un seul mouvement de l'image dans le sens de la rotation. Quand le point nodal sera sur l'axe de rotation, le mouvement apparent dû à la distorsion subsistera seul; quand il l'aura dépassé, le mouvement dû au déplacement du point nodal dans

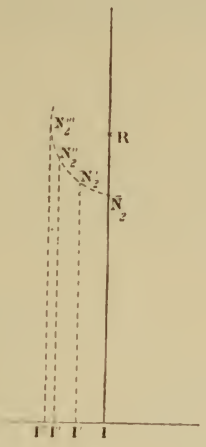


Fig. 41.

la rotation de l'objectif subsistera seul et se retranchera du mouvement apparent : on verra l'image *osciller*, et les déplacements de l'image donneront la mesure de la distorsion.

1105. Tache centrale. — Les objectifs que l'on construit actuellement sont, en général, exempts de la tache centrale (**61**). Pour reconnaître ce défaut, on monte l'objectif sur une chambre noire et l'on place la glace dépolie au foyer principal; on dirige ensuite l'axe de l'objectif sur un sujet très fortement éclairé, tel que le ciel, un mur blanc exposé au soleil, etc. : on constate alors la présence de la tache centrale. Certains objectifs à paysages, quelques doublets grands angulaires présentent ce défaut.

1106. Essai sommaire d'un objectif. – Les divers procédés que nous venons d'indiquer fournissent des résultats assez exacts.

Le plus souvent, il n'est pas nécessaire d'effectuer un aussi grand nombre de manipulations pour se rendre compte de la valeur d'un objectif; certaines de ces opérations sont d'ailleurs délicates et ne peu-

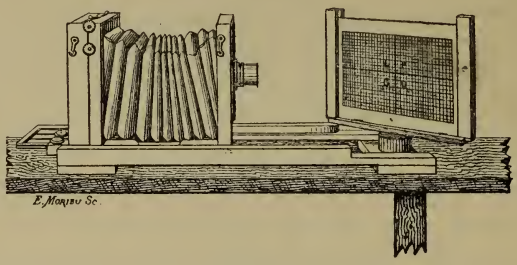


Fig. 42.

vent être effectuées par des mains inexpérimentées. On peut le plus souvent, à l'aide d'un dispositif très simple, se rendre compte de la valeur d'un objectif. Il suffit de faire une ou deux images négatives

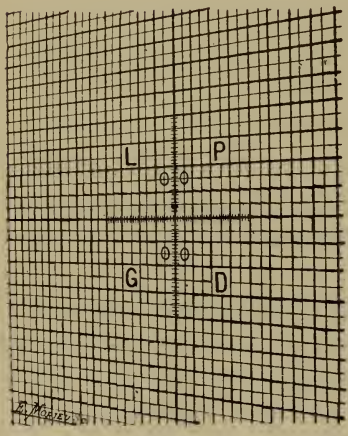


Fig. 43.

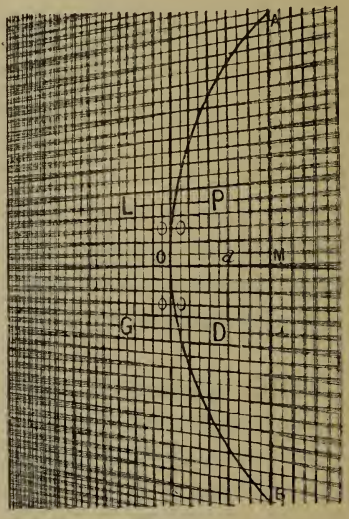


Fig. 44.

d'une mire. M. Baille-Lemaire[1] se sert de l'appareil représenté par la figure 42; il se contente de photographier avec l'objectif soumis à l'essai une mire quadrillée M, inclinée à 45° sur l'axe de l'appareil.

1. *Photo-Gazette*, 1892, p. 146.

Le centre O de la mire étant à hauteur de l'axe de l'appareil, on met au point la ligne centrale en reproduisant les carrés de la mire en grandeur naturelle (*fig. 43*). La reproduction de cette mire inclinée à 45° sur l'axe de l'objectif permet de déterminer (à la distance près des points nodaux) la distance focale principale de l'objectif. On peut d'ailleurs, par la seule inspection de l'image négative, reconnaître le sens et la grandeur de l'aberration chromatique. On met au point la ligne centrale : sur le négatif, la distance de cette ligne à celle qui est reproduite le plus nettement représente très approximativement quatre fois la distance séparant le foyer des rayons lumineux du foyer des rayons visuels. L'examen du négatif montre d'ailleurs si le foyer chimique est du côté de L ou du côté de P.

On peut joindre par un trait continu les points de l'épreuve présentant le maximum de netteté. La courbe obtenue (*fig. 44*) représente la section de la surface focale par un plan incliné à 45° sur l'axe de la surface, et passant par le sommet de cette surface. Cette surface est de révolution autour de l'axe de l'objectif, et, en pratique, on cherche à aplatir le plus possible cette surface, à la faire confondre avec son plan tangent. En la remplaçant par la sphère osculatrice au sommet, on commet une certaine erreur ; cependant, on peut admettre que la courbe obtenue en joignant les points présentant le maximum de netteté est une méridienne de la surface focale, surface que l'on assimile à une sphère de rayon R. En désignant par 2D la longueur de la corde AB, par d la flèche, nous aurons :

$$R = \frac{D^2 + d^2}{2d},$$

et comme d est toujours petit,

$$R = \frac{D^2}{2d}.$$

L'astigmatisme se reconnaît à ce que les lignes verticales, qui sont nettes sur l'épreuve, ne rencontrent pas des lignes horizontales dépourvues de netteté (*fig. 45*). Dans cette épreuve, la surface focale des lignes verticales est sensiblement un plan ; il n'en est pas de même de la surface focale des lignes horizontales.

Si l'on gradue finement l'une des lignes horizontales de la mire et si l'on reproduit cette graduation en la plaçant à des distances de

plus en plus grandes, l'objectif travaillant à toute ouverture (*fig. 46*) ou avec petit diaphragme (*fig. 47*), on aura pour l'objectif à portraits une notion assez exacte de la profondeur de foyer.

Pour étudier la distorsion que peut présenter l'objectif, on dispose la mire perpendiculairement à l'axe de l'appareil : on constate alors si la distorsion se produit en forme de croissant (*fig. 48*) ou en forme de barillet (*fig. 49*).

1107. Choix des objectifs. — Les essais ayant permis de constater que plusieurs objectifs ne présentent pas les défauts qui doivent

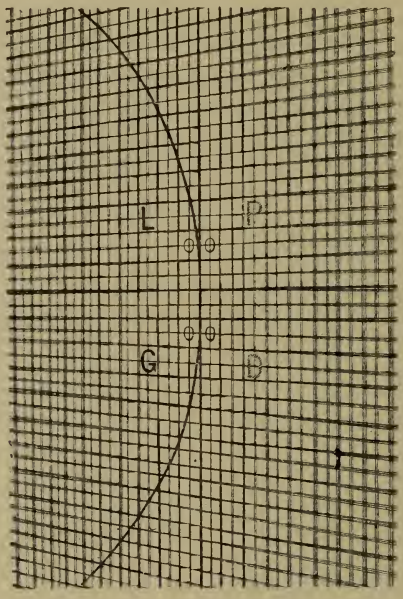


Fig. 45.

les faire rejeter, on peut cependant hésiter entre plusieurs types d'instruments, suivant que l'on désire faire des portraits (**175**), des paysages (**177**), des reproductions de cartes, plans, etc. (**179**), des épreuves instantanées (**180**). Chaque sorte de travail nécessite (théoriquement du moins) un objectif spécial. D'une manière générale, on peut dire que la valeur d'un objectif se mesure au produit du champ de netteté par la clarté, ou ce qui revient au même, les objectifs les mieux construits produisent toujours par eux-mêmes les meilleurs

résultats. En l'état actuel de l'optique photographique, on doit choisir :

a) Pour les portraits de petite dimension (jusqu'au format carte-

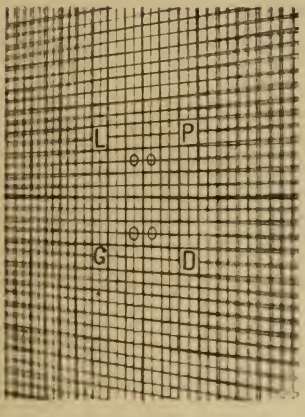


Fig. 46.

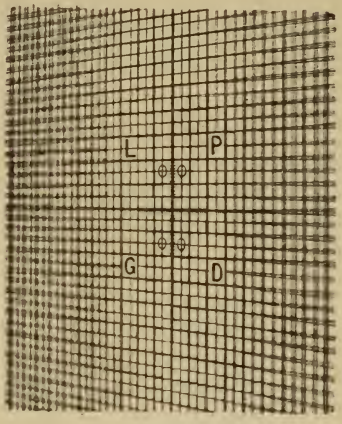


Fig. 47.

album), qui doivent être obtenus très rapidement dans l'atelier, on choisira l'objectif double type Petzval, modifié par Dallmeyer, Suter, etc. Si le temps de pose est d'une moindre importance et

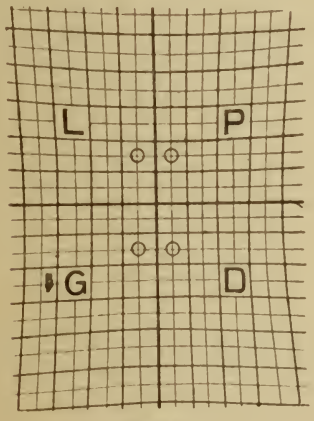


Fig. 48.

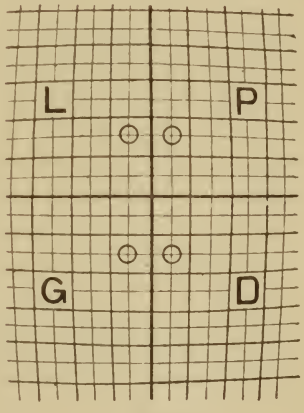


Fig. 49.

l'image à obtenir est au-dessus du format 18×24, on choisira les rectilinéaires extra-rapides, les symétriques universels de Ross, les euryscopes de Voigtlaender, les anastigmats de Zeiss 1 : 6, 5. Ces

derniers instruments présentent l'avantage de pouvoir servir pour d'autres travaux.

b) Paysages. — L'objectif simple à trois lentilles, ou bien l'anastigmat d'Hartnack, sont les meilleures formes d'objectifs pour le paysage, parce qu'ils fournissent les images les plus brillantes. Dans certains cas, s'il faut en même temps reproduire des monuments, on

Fig. 50.

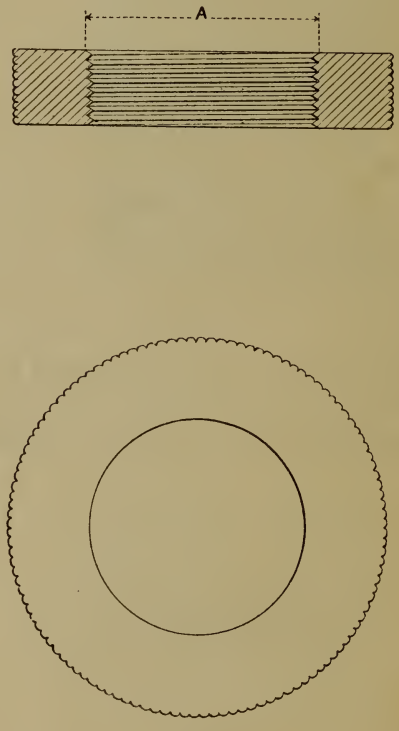


Fig. 51.

choisira les rectilinéaires rapides, ou même les anastigmats, parce que à égalité de clarté ils couvrent une surface plus grande que tout objectif d'autre système. On choisira l'anastigmat de la série 1 : 9.

c) Les *anastigmats* 1 : 12 et 1 : 18, les *grands angulaires*, *concentriques, périgraphes extra rapides*, seront réservés aux travaux de reproductions de cartes, monuments très rapprochés, intérieurs, etc. L'anastigmat 1 : 18 est, de tous les objectifs qui existent, celui qui couvre le champ le plus considérable avec cette ouverture de dia-

phragme : c'est là un avantage que l'on appréciera toutes les fois qu'il s'agira de reproduire des vues d'intérieurs peu éclairés et dans lesquels l'insuffisance du recul ne permettra pas l'emploi d'objectifs à long foyer.

A égalité de netteté sur les bords des images, les anastigmats sont supérieurs aux autres objectifs parce qu'ils permettent d'opérer plus rapidement. L'astigmatisme étant mieux corrigé dans ces objectifs que dans tous les autres instruments, on s'explique fort bien que des opticiens du plus haut mérite, tels que Voigtlaender en Autriche, Ross en Angleterre, Gundlach en Amérique etc., aient adopté les formules de construction de Zeiss. Ces instruments se fabriquent aujourd'hui dans presque tous les pays. Leur apparition a marqué un progrès incontestable dans l'optique photographique.

Le Congrès n'a pas fixé de limites pour les tolérances de construction des embases filetés et des rondelles d'objectifs ; il a admis toutefois que ces pièces auraient un jeu suffisant pour le vissage facile.

La Société française de photographie[1] a fait exécuter par la maison Barriquand une série de vis et d'écrous types pour les montures usuelles des numéros 1 à 5 (*fig. 50 et 51*). Ces appareils pourront servir à la vérification des embases filetées d'objectifs ou de leurs écrous dont on voudra faire contrôler la construction. Il est indispensable que tous les constructeurs fassent établir pour leur usage personnel des instruments types semblables, dont ils vérifieront la conformité avec ceux de la Société de photographie.

Les dimensions de ces vis et écrous sont :

Rondelles d'objectifs, nos.....	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Diamètre en millimètres.....	20	25	30	40	50	60	75	80	100	125
Pas du filet —	0,71	1	1	1	1	1	1	1	1	1,5
Angle au sommet...	»	60°	60°	60°	60°	60°	60°	60°	60°	60°
Sommet abattu.....	»	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

La rondelle no 1 est absolument conforme à la monture admise[2] par décision internationale pour les objectifs de microscope (*Universal Screw*).

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 207. — 2. *Bulletin de la Société microscopique de Londres*, 1852.

BIBLIOGRAPHIE.

Dr Eder. *Ausfurliches Handbuch der photographie.*
Mascart. *Traité d'optique.*
Soret. *Optique photographique.*
Wallon. *Traité élémentaire de l'objectif photographique.*
— *L'objectif photographique.*

CHAPITRE IV.

OBTURATEURS, CHAMBRES NOIRES.

§ 1. — Obturateurs.

1108. Rendement des obturateurs. — M. Demarçay [1] a étudié la loi du rendement des obturateurs photographiques. On ne connaît pas en général la loi du mouvement des organes de ces appareils et l'on est obligé de faire certaines hypothèses. Lorsque les résistances aux mouvements des organes sont sensiblement constantes, et c'est là le cas le plus ordinaire, il faut compter sur un mouvement accéléré. Généralement, les masses mises en jeu étant assez faibles l'accélération va en diminuant, et le mouvement des organes obturants peut être représenté par la formule

$$z = at^n$$

dans laquelle t est le temps, z le déplacement, n un nombre compris entre 1 et 2.

Dans le cas d'un obturateur central actionné par des ressorts à boudin, la première moitié du mouvement est représentée par la formule parabolique $z = a + bt^{1,64}$. Dans les guillotines en chute libre, le mouvement peut être considéré comme uniformément varié et l'exposant n voisin de 2.

La courbe de rendement d'un obturateur est définie de la manière suivante. Sur une ligne graduée en temps, on élève des ordonnées représentant à l'instant considéré le rapport Y de la surface démasquée à la surface totale $\pi\ R^2$ du diaphragme de rayon R. Le rapport Y est le rendement élémentaire à l'instant considéré t. La surface S de la courbe obtenue en joignant les sommets des ordonnées est le rendement de l'obturateur; le rendement est donc $S = \int_0^T \frac{Y dt}{\pi R_2 T}$.

On peut démontrer que lorsque la loi de déplacement $z = at^n$ est satisfaite, le rendement de l'obturateur diminue si n croît; ce qui revient à dire que le rendement d'un obturateur dont le parcours des organes obturants varie proportionnellement à une puissance du temps supérieure à l'unité décroît quand l'exposant croît, si, à des parcours égaux avant et

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 243.

après l'ouverture complète, la surface démasquée de l'objectif a la même valeur[1].

Il n'est pas possible de généraliser avec certitude ce théorème pour un mouvement accéléré quelconque; cependant on peut conclure que le rendement sera rarement inférieur à celui qu'on obtient en vitesse uniformément accélérée, rarement aussi supérieur au rendement en vitesse uniforme. Néanmoins, on peut fort bien imaginer un obturateur dans lequel le rendement est plus grand qu'en vitesse uniforme : c'est celui où la vitesse, décroissante depuis le début de l'action jusqu'à l'ouverture complète, s'accélère jusqu'à la fermeture. Telle serait une guillotine animée d'un mouvement pendulaire, l'ouverture complète coïncidant avec le point mort du pendule.

On distingue plusieurs sortes d'obturateurs, parmi lesquels les plus répandus et les mieux étudiés sont les obturateurs *plans*. On désigne sous ce nom ceux dont les organes obturants se meuvent dans un même plan, perpendiculaire à l'axe de l'objectif que l'on suppose confondu avec le plan du diaphragme. Les recherches de M. Demarçay ont porté sur les obturateurs à arête obturante droite ou circulaire de même rayon que le diaphragme. Les organes ont un mouvement de rotation autour d'un axe fixe, ou ce qui n'est qu'un cas limité, de déplacement rectiligne. Leur courbe de rendement en vitesse uniforme est symétrique dans la généralité des cas.

Le nombre des organes obturants et des pivots permet de classer les obturateurs de la manière suivante :

1 *Organe obturant*, 1 *pivot :* guillotines; elles se subdivisent en *guillotines droites* si l'arête est droite, circulaire si c'est un cercle.

2 *organes obturant*, 1 *pivot :* obturateurs centraux à 1 pivot.

2 organes obturants, *2 pivots*. On suppose les pivots symétriques par rapport à un diamètre du diaphragme et l'arête obturante passant par son centre au début de l'action : ce sont les obturateurs centraux à deux pivots.

Nombre quelconque d'organes obturants semblables et semblablement placés par rapport à autant de pivots situés au sommet d'un polygone régulier : dans cette catégorie se trouvent les obturateurs *iris*, droits ou circulaires.

Il faut, pour étudier ces divers obturateurs, comparer les chemins parcourus par les divers organes en prenant pour unité le diamètre du diaphragme s'il s'agit de déplacements rectilignes, l'unité d'angle pour les déplacements angulaires.

Le trajet effectué pendant l'action peut être pris comme mesure géométrique de sa durée; cependant, cette *durée géométrique* peut perdre toute valeur dans la pratique devant la variabilité des vitesses que chaque constructeur sait imprimer aux organes de l'instrument.

1109. Obturateur central droit. — Cet obturateur fonctionne de la manière suivante : deux lames à bords droits, confondues au début de l'action avec le diamètre du diaphragme qui passe par le pivot, s'écartent symétriquement jusqu'à encadrer le diaphragme, puis se referment (*fig. 52*). Soit a la distance du pivot au centre du diaphragme de rayon R; posons

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 343.

$\frac{R}{a} = \rho$, ρ pouvant varier de 0 à 1. Désignons par T la durée de l'action, par t la durée écoulée depuis le commencement de l'action jusqu'à l'instant

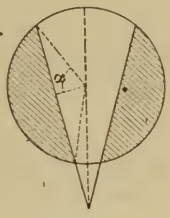


Fig. 52.

où la surface du diaphragme est Y; posons $\frac{t}{T} = \theta$. Le rendement S_t peut s'écrire :

$$S_t = \theta - \frac{2\rho}{\pi \arcsin \rho} \int_{\alpha}^{\frac{\pi}{2}} \frac{\alpha - \sin\alpha\cos\alpha}{\sqrt{1-\rho^2\cos^2\alpha}} \sin\alpha\, d\alpha.$$

En effectuant les calculs, on trouve que le rendement total S est représenté par la série :

$$S = 1 + \frac{2}{\pi \arcsin \rho}\left[\frac{1}{2\theta} + \frac{1-\rho^2}{4\rho^2}\log\left(\frac{1-\rho}{1+\rho}\right) - \frac{\rho}{1} - \frac{\rho^3}{3} - \frac{\rho^5}{5} - \frac{\rho^7}{7} - \dots\right].$$

Quand le pivot est indéfiniment éloigné du diaphragme (le mouvement des lames est rectiligne, $\rho = 0$) le rendement est égal à 0,576. Pour une distance du pivot égale à deux fois le rayon du diaphragme, $a = 2R$, $\rho = \frac{1}{2}$, on a $S = 0{,}578$. L'augmentation est d'autant plus grande que le pivot se rapproche du centre du diaphragme; quand le pivot est sur la circonférence même du diaphragme S devient intégrable; on trouve alors que le rendement atteint la valeur considérable de 0,703.

L'examen de la courbe de rendement permet d'expliquer ces variations. A l'origine, la courbure est nulle et l'inclinaison égale à

$$\frac{4}{\pi}\frac{\arcsin\rho}{\rho},$$

quantité variant d'abord très lentement de 1,27 à 1,33 lorsque ρ varie de 0 à $\frac{1}{2}$, puis de plus en plus rapidement jusqu'à 2 pour $\rho = 1$.

1110. Guillotine droite. — C'est un simple secteur tournant autour de son sommet, de manière à venir encadrer le diaphragme. Le rendement de

cet instrument est toujours égal à $\frac{1}{2}$, quelle que soit la position du pivot.

La courbe de rendement se compose de deux ares symétriques, chacun d'eux n'étant que la courbe de rendement de l'obturateur central droit réduit à une échelle moitié moindre, de sorte que les tangentes aux deux courbes sont parallèles. Si le pivot se rapproche du centre du diaphragme, la courbe se déforme de manière que la tangente se relève sans que la surface de la courbe varie ; en même temps, la durée géométrique de l'obturation s'accroît.

1111. Obturateur central circulaire. — Il est constitué par deux cercles évidés, égaux au diaphragme, qui tournent de manière à se couper

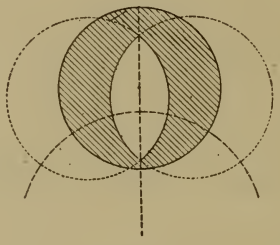


Fig. 53.

sur le diamètre du diaphragme qui passe par le pivot (*fig. 53*). L'examen des courbes de rendement montre que le rendement diminue quand le pivot se rapproche du centre du diaphragme :

ρ	S
0	0,424
$\frac{1}{2}$	0,422
1	0,297

Cet obturateur n'est central, c'est-à-dire ne s'ouvre au centre du diaphragme, que lorsque le mouvement des lames est rectiligne. Il s'ouvre d'autant plus excentriquement que le pivot est plus près du diaphragme, et à la limite il s'ouvre sur le bord.

1112. Guillotine circulaire. — La guillotine circulaire est une circonférence de même rayon que le diaphragme tournant autour d'un pivot, de manière à venir coïncider à l'ouverture complète. Si le mode de déplacement des organes est le même que dans l'obturateur central circulaire, le rendement ne diffère pas du précédent.

1113. Calcul dans le cas du mouvement accéléré. — Le déplacement des organes étant représenté par la formule $x = 0^n$, il faut en géné-

ral avoir recours à deux formules servant à calculer l'une la pose à l'ouverture, l'autre la pose à la fermeture.

En désignant par z dans le mouvement rectiligne la distance de l'organe au centre de l'objectif, les formules sont à l'ouverture :

$$P_0 = \frac{2^{1-\frac{1}{n}}}{n\pi}\int_0^2 \left(z^{-\frac{n-1}{n}} \arcsin z + z^{\frac{1}{n}}\sqrt{1-z^2}\right) dz ;$$

à la fermeture :

$$P_f = \frac{2^{1-\frac{1}{n}}}{n\pi}\int_z^1 (2-r)^{-\frac{n-1}{n}} \left(\arcsin z + z\sqrt{1-r^2}\right) dz.$$

Ces formules seront développées en série pour les calculs numériques. La perte de rendement résultant du mouvement varié peut atteindre 0,22 du rendement en mouvement uniforme dans le cas du déplacement rectiligne; elle n'est que de 0,16 pour le mouvement de rotation.

Si l'on donne à n une valeur quelconque, le calcul du rendement de la guillotine droite est très compliqué; il est assez long, mais plus simple dans le cas où l'on a $n = 2$. On peut, à l'aide de séries peu convergentes, calculer l'intégrale de fermeture ($\rho = 0$).

$$P_f = \frac{1}{4\pi}\int_0^2 \frac{z^3 - 3z^2 + 4z + 4}{\sqrt{z(4-z^2)}}\, dz.$$

Pour les *obturateurs rotatifs*, les calculs se simplifient beaucoup si $\rho = 1$, c'est-à-dire si le pivot est sur la circonférence du diaphragme; posons :

$$\sum = \frac{\alpha^{1+\frac{1}{n}}}{1+\frac{1}{n}} - \frac{\alpha^{3+\frac{1}{n}}}{\left(3+\frac{1}{n}\right)3!} + \frac{\alpha^{5+\frac{1}{n}}}{\left(5+\frac{1}{n}\right)5!} - \ldots.$$

On aura pour l'obturateur central, pose à l'ouverture :

$$P_0 = \frac{1}{(n+1)2^{\frac{1}{n}}} + \frac{2}{n(2\pi)^{1+\frac{1}{n}}}\sum_0^\pi ;$$

pose à la fermeture :

$$P_f = \frac{2n}{n+1} - \frac{2n+1}{(n+1)2^{\frac{1}{n}}} - \frac{2}{n(2\pi)^{\frac{1}{n}}}\sum_\pi^2 .$$

Pour la guillotine rotative dont le pivot est sur le bord du diaphragme, on a à l'ouverture :

$$P_0 = \frac{1}{2^{\frac{1}{n}}(1+n)} - \frac{2}{n2^{\frac{1}{n}}(2\pi)^{1+\frac{1}{n}}} \sum_0^{\pi};$$

à la fermeture :

$$P_f = \frac{2n}{n+1} - \frac{2n+1}{(n+1)2^{\frac{1}{n}}} + \frac{1}{n2^{\frac{1}{n}}(2\pi)^{1+\frac{1}{n}}} \sum_{2\pi}^{4\pi},$$

formules qui permettent de faire les calculs. La perte de rendement est 0,23 pour la guillotine droite, 0,25 pour la guillotine rotative.

Pour l'*obturateur central* et la *guillotine circulaire* (mouvement rectiligne) en vitesse accélérée, la pose est représentée par la formule suivante à l'ouverture :

$$P_0 = \frac{2^{1-\frac{1}{n}}}{n\pi} \int_0^1 \left[z^{-\frac{n-1}{n}} \arccos(1-z) - (1-z) z^{\frac{1}{2}-\frac{n+1}{n}} \sqrt{2-z} \right] dz.$$

La pose à la fermeture s'obtient en retranchant de θ_f (durée relative de fermeture) la même intégrale prise entre les limites 1 et 2. Si $n \gtrless 2$ il faut développer en série ; on peut intégrer pour $n = 2$. On a alors :

$$S = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \left[z^{\frac{1}{2}} \arccos(1-z) + 2\sqrt{2-z} + \frac{1}{15}(1-3z)(2-z)^{\frac{3}{2}} \right].$$

Si les obturateurs pivotent autour d'un point de la circonférence du diaphragme, les formules deviennent à l'ouverture :

$$P_0 = \frac{1}{2^{\frac{1}{n}}(n+1)} - \frac{1}{n(2\pi)^{1+\frac{1}{n}}} \sum_0^2;$$

à la fermeture :

$$P_f = \frac{2n}{n+1} - \frac{2n+1}{(n+1)2^{\frac{1}{n}}} + \frac{2}{n(2\pi)^{1+\frac{1}{n}}} \sum_{\pi}^{\pi}.$$

La perte de rendement peut aller jusqu'à 0,24 du rendement en vitesse uniforme pour le cas du mouvement rectiligne, jusqu'à près de 0,36 dans le cas du mouvement rotatif.

1114. Guillotines excentriques. — La guillotine excentrique est une guillotine droite dont le centre de rotation n'est pas au sommet du secteur. Dans leur mouvement, les côtés enveloppent deux circonférences qui seront égales si le pivot est sur la bissectrice du secteur. Soit x le rayon de cette circonférence. Posons $\frac{a}{r} = \mu$, μ étant l'*excentricité :* elle est limitée par la condition $\rho + \mu = 1$. Il est facile de voir que pour une excentricité donnée on peut réaliser quatre dispositions de l'instrument. A l'ouverture, lorsque le secteur encadre le diaphragme (*fig. 54*), ses côtés peuvent être, par rapport aux circonférences μ et ρ : 1° deux tangentes intérieures communes ; 2° et 3° une tangente intérieure et une tangente extérieure commune sépa-

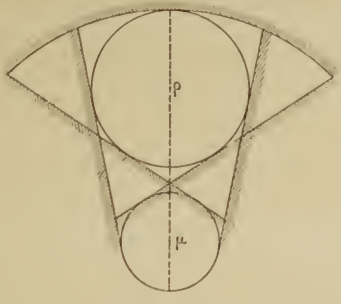


Fig. 54.

rées par le diaphragme ; 4° deux tangentes extérieures communes. Les durées géométriques fournies par ces quatre instruments sont identiques et représentées par l'expression

$$2[\arccos(\mu - \rho) - \arccos(\mu + \rho)].$$

Dans le cas de deux tangentes intérieures, la courbe de rendement est symétrique par rapport à l'ordonnée de l'ouverture complète L'abscisse de μ croît vers une valeur limite correspondant à $\rho = 0$, $\mu = 1$. C'est une limite théorique qu'on ne saurait atteindre et pour laquelle le rendement converge vers $\frac{\sqrt{2}}{4} = 0{,}354$.

Lorsque les côtés du secteur constituent deux tangentes extérieures, la courbe de rendement est symétrique de celle du cas précédent par rapport au centre du rectangle dans lequel elle est comprise. Le rendement est toujours supérieur à $\frac{1}{2}$ et ne saurait dépasser la limite $1 - \frac{\sqrt{2}}{4} = 0{,}647$.

Dans le cas d'une tangente extérieure et d'une tangente intérieure, la courbe de rendement n'est plus symétrique par rapport à l'ordonnée de l'ouverture complète ; malgré l'excentricité, le rendement est toujours égal à $\frac{1}{2}$ comme pour les guillotines non excentriques.

1115. Obturateurs centraux à deux pivots. — On suppose dans le calcul du rendement de cet obturateur que les deux pivots sont équidistants du diaphragme. La somme des excentricités étant égale à la distance des pivots, examinons le cas où elle est égale à la moitié de cette distance pour chaque pivot. Quatre systèmes d'obturateurs correspondent à ces données :

1° L'arête obturante (*fig. 55* dans laquelle, pour simplifier, on a figuré un seul pivot et une seule arête obturante) primitivement confondue avec

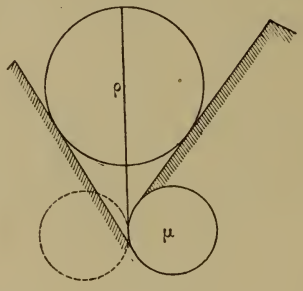


Fig. 55.

un diamètre du diaphragme, s'ouvre de manière à devenir tangente intérieure commune aux circonférences μ et ρ ; elle rebrousse alors chemin, fermant l'obturateur. La durée géométrique est

$$2\,[\arccos \mu - \arccos (\mu + \rho)].$$

La plus grande valeur est atteinte pour $\rho = 0$ et $\mu = 1$; elle est alors 0,788. On ne peut atteindre dans la pratique cette limite théorique.

2° A l'ouverture produite comme ci-dessus, la tangente extérieure com-

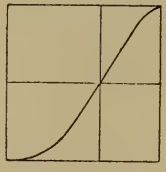


Fig. 56.

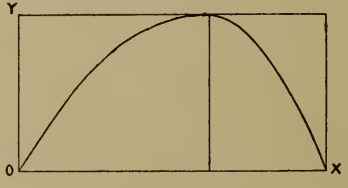


Fig. 57.

mune devient arête de fermeture. Son mouvement, solidaire de celui de l'arête d'ouverture qui se continue dans le même sens, cause la fermeture sur l'autre moitié du diaphragme. La courbe de rendement est dissymétrique (*fig. 56 et 57*). La durée géométrique de l'ouverture est

$$\arccos \mu - \arccos (\mu + \rho) ;$$

à la fermeture, la durée géométrique est

$$\arccos(\mu - \rho) - \arccos \mu .$$

Pour $\mu = 1$, $\rho = 0$, le rendement prend sa plus grande valeur qui est 0,821, le rendement d'ouverture étant 0,788 et celui de fermeture 0,902.

3° Quand l'obturateur s'ouvre en sens inverse des cas précédents, c'est-à-dire quand l'arête obturante devient à l'ouverture tangente commune extérieure, les effets sont inverses de ceux qui viennent d'être décrits.

4° L'arête obturante s'ouvrant de manière à devenir à l'ouverture tangente commune extérieure, rétrograde ensuite et ferme l'instrument. Pour $\rho = 0$, $\mu = 1$, le rendement est supérieur à la valeur qu'il atteint pour $\rho = 1$, $\mu = 0$. Il converge vers la limite 0,902. Il peut y avoir gain de durée dans cet obturateur, en même temps que gain de rendement, contrairement à ce qui a lieu pour les obturateurs excentriques.

1116. Obturateur iris. — La durée d'action est la même pour l'iris parfait et pour l'iris polygonal, en supposant le premier inscrit dans le second ; mais cette durée n'est la même pour l'iris droit et l'iris à branches circulaires que si le mouvement des organes est rectiligne. En effet, pour le second, l'action commence quand l'arête obturante passe par le centre du diaphragme et non quand la tangente à cette circonférence passe par ce point. L'angle de cette tangente, avec le rayon passant par le pivot, mesure la différence de durée des deux actions. Cette différence atteint la moitié de la plus petite de ces durées lorsque le pivot vient sur le bord du diaphragme et ne s'annule que si le pivot s'éloigne indéfiniment, c'est-à-dire si le mouvement devient rectiligne.

Dans les iris droits, l'arête passe par le pivot, ou bien reste à une distance r de ce point. L'iris est alors excentrique, l'excentricité étant $\mu = \frac{r}{a}$; la théorie de ces instruments est calquée sur celle des obturateurs excentriques.

L'iris à deux branches ne diffère en rien des obturateurs centraux, au point de vue du rendement ou de la durée. Si le nombre des branches est supérieur à deux, tant que la surface polygonale démasquée n'est pas inscrite dans le diaphragme, on peut la représenter par $nz^2 \operatorname{tang} \frac{\pi}{2}$, n étant le nombre des côtés, r le rayon de l'iris parfait inscrit. Si le polygone de l'iris coupe le diaphragme, le rendement se calcule d'une manière analogue à celui de l'obturateur central droit. Comme pour lui, le rendement augmente quand le pivot se rapproche du diaphragme.

Les courbes de rendement en vitesse uniforme des iris d'un plus grand nombre de côtés seraient comprises entre celles de l'iris à quatre branches et celle de l'iris parfait correspondant.

On peut, en général, concevoir l'iris droit, mouvement rectiligne, comme résultant du mouvement de lames droites, perpendiculairement à un diamètre. On réalise, en pratique, cet iris de la manière suivante : deux lames droites sont entaillées suivant un carré ou un losange, dont l'une des dia-

gonales coïncide avec le diamètre du diaphragme parallèle à la direction du mouvement. Il résulte de cette disposition que les lames doivent se déplacer de la longueur de cette diagonale pour achever l'action dont la durée serait celle de l'obturateur central droit multiplié par $\sqrt{2} = 1{,}41$ si l'entaille est carrée. Au point de vue de la durée, cette disposition est donc peu avantageuse, car la forme de l'ouverture des lames ne saurait influer sur leur vitesse de déplacement.

L'obturateur iris à branches circulaires est d'une seule espèce. Le pivot étant fixé, l'arête obturante de même rayon que le diaphragme est, en effet, déterminée, contrairement à ce qui a lieu pour les iris droits. Les courbes de rendement de l'iris à trois branches et de l'iris parfait diffèrent peu et comprennent entre elles celles de tous les iris d'un plus grand nombre de branches; leur rendement est faible : celui de l'iris parfait varie, suivant la position du pivot, de 0,333 à 0,323, diminuant un peu quand le pivot se rapproche du diaphragme.

Le maximum de rendement que comportent les iris à branches circulaires est réalisé par l'iris à deux branches dans le cas du mouvement rectiligne (obturateur central circulaire, mouvement rectiligne du type Thury et Amey). Le rendement est alors égal à 0,424.

1117. Étude pratique des obturateurs. — Dans le but de faciliter l'étude des obturateurs et permettre la détermination graphique des constantes indiquées par le Congrès de 1889 comme susceptibles de caractériser ces obturateurs, M. le général Sébert a fait construire un appareil spécial permettant d'arriver très simplement à cette détermination. On retrouve dans cet instrument quelques-uns des dispositifs signalés par MM. Cornu et de La Baume-Pluvinel au Congrès photographique de 1889 (**202**). L'instrument est muni d'un diapason dont une vibration vaut 1/60 de seconde. On peut apprécier très facilement moins de 1/250 de seconde.

Cet appareil [1] consiste en un châssis s'ouvrant en deux parties au moyen de charnières placées sur le côté. La partie postérieure porte sur sa face interne un petit chariot plat qui, mû par deux ressorts plus ou moins tendus, glisse rapidement de bas en haut sur deux coulisseaux. On adapte sur ce chariot une surface sensible (généralement une glace préparée au gélatino-bromure d'argent). La face antérieure du châssis porte en son milieu une fente horizontale très étroite qui donne accès à la lumière, de sorte que si, le châssis étant fermé, on fait partir le chariot en laissant la lumière passer par la fente, on aura par développement sur la surface sensible un rectangle noir. Le chariot à son départ met en mouvement une lame vibrante

1. *Le Génie civil*, 24 janvier 1891, p. 193.

extérieure faisant soixante vibrations à la seconde. Cette lame porte un appendice fermant une petite fenêtre qui donne sur la plaque sensible ; cet appendice est percé d'un trou très fin par lequel la lumière arrive sur la marge de la plaque sensible et y trace une ligne sinusoïdale dont chaque ondulation correspond à un soixantième de seconde. On connaît donc ainsi la vitesse du chariot à chaque instant de l'opération.

A l'extérieur, devant la fente étroite du châssis, on dispose au moyen d'une planchette spéciale l'obturateur dont on veut faire l'essai. Le tout étant fermé dans l'obscurité, on produit au-devant une lumière vive par l'électricité ou par un rayon de soleil, ou, ce qui est plus simple, par la combustion de quelques centimètres d'un ruban de magnésium, et en même temps, soit à la main, soit avec une poire de caoutchouc munie d'un tube bifurqué, on opère le déclenchement qui, du même coup, met en marche le chariot, la lame vibrante, puis l'obturateur ; on retire la plaque sensible et on procède au développement de l'image.

Les figures que l'on obtient par cette opération varient suivant la marche de l'obturateur. Si celui-ci ouvre et ferme l'objectif dans l'axe des lentilles, sans qu'il y ait un instant de pleine pose, la figure sera un losange plus ou moins régulier ; s'il y a pleine pose, la figure représentera un rectangle d'autant plus allongé que la pleine pose aura été de plus longue durée. Les temps d'ouverture et de fermeture seront indiqués chacun par un triangle terminant l'un la partie supérieure, l'autre la partie inférieure du rectangle imprimé sur la plaque. Si l'ouverture s'opère en partant de l'un des bords et la fermeture en partant du bord opposé, la forme de la figure obtenue sur la plaque sensible sera celle d'un triangle à base verticale ; si l'ouverture et la fermeture s'opèrent en partant du même bord, la figure sera celle d'un parallélogramme présentant deux côtés verticaux. Dans tous les cas, la pleine pose (si elle existe) sera représentée par un rectangle interposé dans la partie médiane de l'une des figures. On mesurera sa durée en projetant sur les marges le petit côté du rectangle ; cette projection intercepte sur la courbe sinueuse tracée par la lame vibrante une certaine longueur qu'il est facile de transformer en temps. On aura de même la durée de la période d'ouverture et la durée de la période de fermeture. Il est par suite très facile de déterminer le rendement de l'obturateur.

Ce même appareil peut être employé pour apprécier les variations

rapides des intensités lumineuses, telles que celles qui se présentent avec la lumière électrique ; l'enregistrement de ces variations se fait avec une très grande exactitude.

1118. Châssis-obturateur. — M. le commandant Moessard a fait établir un obturateur qui est constitué par une sorte de rideau[1]. Ce système d'obturateur (**264**) est employé par Anschütz pour obtenir des images instantanées. Le principe de l'appareil consiste à employer une fente étroite que l'on fait passer avec une vitesse constante le plus près possible de la surface sensible, c'est-à-dire au sommet du cône des rayons réfractés qui concourent à la formation de chaque point de l'image.

La durée d'action totale ou le temps de pose que l'on obtient avec cet obturateur dépend seulement de la largeur de la fente et de la vitesse du rideau. Une fente de 0^m001 et une vitesse de 1 mètre par seconde donnent une pose de 0^s001; une fente de 0^m0005 et une vitesse de 5 mètres donneraient une pose de 0^s0001.

Le rendement de cet obturateur ne dépend que de la distance du rideau mobile à la surface sensible. Si cette distance était nulle, on aurait un obturateur idéal dont le rendement serait égal à l'unité. On peut, en pratique, obtenir un rendement égal à $\frac{8}{9}$.

Le rapport du temps d'ouverture de pleine pose à la durée du fonctionnement ne dépend ainsi que de la distance du rideau à la plaque. Dans l'appareil qui a été construit sur les indications de M. le commandant Moessard, ce rapport est égal à $\frac{7}{9}$.

Ce système d'obturateur est indépendant de l'objectif et du diaphragme ; on peut donc employer des objectifs extrêmement lumineux, ce qui est indispensable pour avoir des images avec des poses aussi courtes. Le mouvement de l'obturateur est sensiblement uniforme, puisque la tension du ressort diminue et le frottement du rideau croît pendant le mouvement.

M. le commandant Fribourg[2] a appliqué un obturateur de ce genre à une chambre à main munie d'un objectif extra rapide du système Petzval. Cet objectif est disposé de façon qu'il pivote sur la

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 415. — 2. *Ibid.*, 1892, p. 163.

verticale de son point nodal d'émergence, comme dans le cylindrographe de M. le commandant Moessard. On peut donc obtenir, par suite de la rotation de l'axe optique, une image parfaitement nette et de grande longueur dans le sens horizontal, sur une plaque sensible affectant la forme d'un cylindre vertical ayant pour axe le pivot de l'objectif et pour base un cercle de rayon égal à la distance focale de cet objectif.

A la partie postérieure de l'objectif est fixée une sorte de boîte prismatique bien close, qui se meut avec lui et qui est percée d'une fente de 0^m003 de largeur sur l'arête qui vient presque en contact avec la plaque sensible; ce système produit le même effet que la fente du rideau obturateur.

La partie postérieure de l'appareil est disposée pour recevoir un châssis simple à rideau dans l'intérieur duquel se trouve une pellicule sensible courbée suivant un cylindre circulaire de 0^m076 de rayon. Quand le châssis est bien en place, la pellicule occupe exactement la position qu'elle doit avoir par rapport au point nodal d'émergence. La partie antérieure de la chambre noire est fermée par un rideau articulé, fixé au parasoleil de l'objectif, de façon à se mouvoir avec lui, et dont les extrémités latérales pénètrent dans des rainures pratiquées sur les deux côtés de la chambre. Le pivot autour duquel tourne l'objectif est sur la verticale du point nodal d'émergence.

La largeur de la fente mobile peut être réduite à une fraction minime de la longueur de la surface sensible, et, par conséquent, la durée d'impression de chaque zone verticale de cette surface n'est qu'une fraction minime de la durée totale de la rotation de l'objectif, laquelle peut elle-même être excessivement courte. Dans le premier appareil construit sur les indications de M. le commandant Fribourg, la rotation totale s'effectue en 0^s1 environ, la surface sensible a 0^m09 de longueur et la fente 0^m003 de largeur. Cette fente n'est donc que le trentième du développement de la surface sensible, et comme elle parcourt tout ce développement en un dixième de seconde, il en résulte que chaque zone verticale n'est impressionnée que pendant un trois centième de seconde.

Avec le système d'obturateur à rideau il peut arriver que l'image présente une déformation provenant de ce que les différentes parties de la plaque n'ont pas été impressionnées en même temps. Il est donc nécessaire que la fente soit animée d'un mouvement très rapide, que l'objectif soit très lumineux et que la surface sensible soit de petit

format. Dans ces conditions, ces obturateurs donnent de très bons résultats.

1119. Diverses formes d'obturateurs centraux. — Le nombre des obturateurs que l'on a construits depuis la fabrication des plaques au gélatino-bromure est fort grand. Nous avons décrit (*voir* t. I) les principaux obturateurs : les perfectionnements que l'on a introduits dans ces appareils ont trait surtout à des points de détail.

M. Mattioli a construit un obturateur iris composé de trois lamelles. Trois lames en forme de raquette, percées chacune d'un trou circulaire, sont fixées à pivot sur un disque mobile actionné lui-même par un ressort à boudin, de façon à découvrir au centre du diaphragme fixe d'abord un triangle curviligne résultant de l'intersection des trois

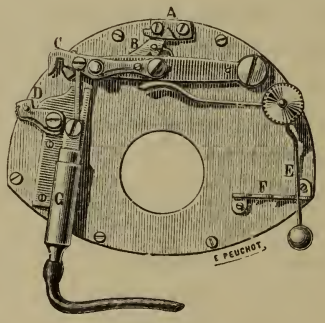


Fig. 58.

ouvertures circulaires, puis un cercle parfait lorsque ces trois ouvertures viennent coïncider, et de nouveau un triangle curviligne lorsque les trois lames se referment.

Le déclenchement s'opère à volonté à la main ou à la poire en caoutchouc, et un frein permet de graduer la vitesse; les diaphragmes sont percés dans une plaque fixée à l'appareil [1].

M. Gilon [2] a construit un obturateur du même genre qui, comme le précédent, se fixe entre les deux lentilles de l'objectif. Le volume de cet obturateur est des plus réduits. Les pièces de manœuvre étant toutes placées sur le côté de l'instrument, il devient possible de monter cet obturateur sur n'importe quel diamètre de lentille.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1889, p. 204. — 2. *Photo-Gazette*, 1891, p. 72.

L'obturateur de MM. Bézu et Hauser se compose essentiellement de deux lames minces suspendues par une de leurs extrémités et percées de deux rainures qui, superposées, figurent un V. Un levier extérieur (*fig. 58*) porte une petite tige qui est engagée dans ces rainures, de telle façon que, selon qu'il est à un point ou à un autre de sa course, le V se renverse et prend la forme Λ. On comprend que les lames sont obligées de se croiser pendant ce mouvement et que l'objectif se trouve masqué, démasqué, remasqué. Comme la course de la tige du levier n'est que d'environ 1 centimètre, il est évident qu'il n'y a pas de chocs violents; il suffit d'imprimer au levier un mouvement plus ou moins rapide pour que l'obturation soit plus ou moins brève. Cette impulsion est donnée au levier C par un ressort de tension E, formé d'un fil de laiton enroulé plusieurs fois sur lui-même. Une de ses extrémités soulève le levier tandis que l'autre s'engage dans les dents d'une crémaillère F, et, selon le point où on l'arrête, donne une tension plus ou moins forte et par conséquent une vitesse plus ou moins grande. On peut avoir des ressorts de force différente, de manière à multiplier encore les vitesses. Pour les changer, il suffit de dévisser le bouton d'attache, ce qui n'offre pas la moindre difficulté, le ressort étant complètement détendu aussitôt qu'il est dégagé de la crémaillère. Le déclenchement s'effectue soit à l'aide d'une poire pneumatique, soit à la main[1]. Cet obturateur est appelé *triplex* en Amérique. MM. Bézu et Hauser ont construit cet obturateur de manière à l'utiliser pour l'obtention des épreuves stéréoscopiques. Comme les deux obturateurs sont actionnés par le même levier qui est mis en mouvement par un déclenchement unique, les deux épreuves sont prises en même temps. L'ouverture et la fermeture sont absolument simultanées. Un levier coudé, placé sur le côté, permet de déclencher à la main avec la plus grande facilité, sans crainte d'ébranler l'appareil[2].

M. Fleury-Hermagis a récemment adapté à ses aplanétiques un obturateur à deux lamelles qui se loge à la place du diaphragme et se fixe à la monture de l'objectif qui reste intacte.

Sous le nom d'*automatique*, M. Irunberry construit un obturateur constitué par une guillotine à deux lamelles. Il peut servir à volonté pour les épreuves posées ou pour les instantanées. Il présente ceci de

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1890, p. 285. — 2. *Ibid.*, 1891, p. 100.

particulier : c'est que sans avoir besoin d'être armé il est toujours prêt à fonctionner, le déclenchement de la lamelle antérieure amenant la lamelle postérieure à la position de départ. Cet obturateur s'adapte soit sur le parasoleil de l'objectif, soit à l'arrière de l'instrument.

Il existe un très grand nombre d'obturateurs à deux lamelles se mouvant soit d'un mouvement rectiligne, soit autour d'un pivot. On ne connaît pas d'une façon précise le rendement de ces instruments; leur étude est à peine ébauchée et l'on ne peut pas en général se fier aux indications que fournissent les constructeurs, indications qui le plus souvent n'ont aucune valeur.

1120. Obturateurs à une lamelle. — M. Berthiot a construit spécialement pour les objectifs périgraphes extra rapides un obturateur à une lamelle en forme de secteur, mobile autour d'un pivot placé près de la circonférence du diaphragme. Cet obturateur (*fig. 59*), qui se place entre les deux verres de l'objectif, est très léger, occupe peu de place et peut être armé très rapidement.

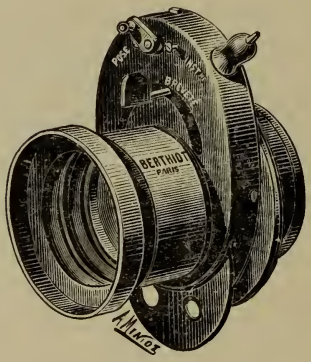


Fig. 59.

MM. Bariquand et Mare[1] ont établi un obturateur remarquable par son faible volume et sa simplicité : il se place dans la monture de l'objectif, à côté des diaphragmes.

Il est mis en mouvement à distance à l'aide d'une poire de caoutchouc dont le tube s'adapte sur un corps de pompe de dimensions très réduites. Il suffit de déplacer dans un sens ou dans l'autre une petite douille métallique qui coulisse sur ce corps de pompe pour

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 329.

obtenir, lorsqu'on agit sur la poire, soit un mouvement partiel du volet pour les épreuves posées, soit un mouvement complet, produisant sans interruption l'ouverture et la fermeture pour les épreuves instantanées.

Le mécanisme intérieur de l'obturateur comprend un large volet mobile autour d'un axe horizontal et découpé au centre suivant un secteur qui embrasse exactement l'ouverture utile de l'objectif lorsque le volet est dans sa position médiane (*fig. 60*).

Sur l'axe est fixé un petit pignon denté qui engrène avec un secteur tournant également autour d'un axe horizontal et se terminant à la

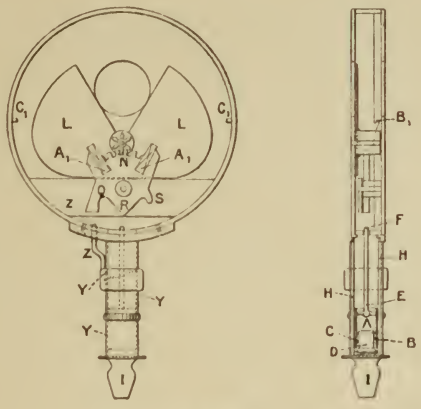


Fig. 60.

partie inférieure par une partie triangulaire dite *pièce de manœuvre*. Le piston qui coulisse dans le corps de pompe se prolonge par une aiguille d'acier qui vient frapper l'une ou l'autre des faces intérieures de cette partie triangulaire, suivant que le volet est déjà incliné d'un côté ou de l'autre. Ce choc provoque le mouvement du volet dans un sens ou dans l'autre, et ce mouvement s'exécute complètement si l'on n'a pas relevé la douille mobile pour obtenir des épreuves posées.

En se déplaçant, la partie du volet qui se trouve en avant, dans le sens de la marche, démasque l'objectif, puis la partie qui se trouve en arrière, au delà du secteur vide, vient le masquer en marchant dans le même sens. Le piston revenant en place quand cesse la pression de la main, l'appareil se trouve de nouveau prêt à fonctionner sans avoir besoin d'être armé, et il suffit pour obtenir un nouveau fonctionnement de presser de nouveau la poire; mais alors le volet

fonctionne en sens inverse, en démasquant l'objectif de droite à gauche, et dans l'opération précédente il avait manœuvré de gauche à droite. L'obturateur est donc toujours prêt à fonctionner. La construction étant extrêmement soignée, les pièces étant très légères et ayant un moment d'inertie très faible, la vitesse peut être très grande et par suite le temps de pose très court.

Lorsqu'on pousse vers le haut du corps de pompe la douille mobile, on fait pénétrer dans l'intérieur de la boîte de l'appareil une petite tige qui vient rencontrer un appendice ménagé sur l'un des bords de la pièce triangulaire de manœuvre, et le volet ne peut plus alors se déplacer qu'incomplètement dans un sens, en amenant seulement devant l'objectif le secteur découpé. Lorsqu'on presse sur la poire, l'aiguille, poussée par le piston, n'entraîne qu'à demi le volet qui laisse l'objectif démasqué pour la pose; lorsqu'on presse ensuite de nouveau, l'aiguille, venant frapper l'autre face inclinée de la pièce de manœuvre, ramène le volet en sens inverse et vient fermer l'objectif.

Pour que cet effet puisse se produire, il faut que l'aiguille poussée par le piston puisse s'incliner librement suivant le cas à droite ou à gauche. MM. Bariquand et Mare ont obtenu ce résultat par une disposition très ingénieuse, en articulant l'aiguille à rotule dans le piston et la faisant passer au centre d'un petit ressort spécial conique, qui la ramène dans l'axe du corps de pompe sans s'opposer à ce qu'elle prenne l'inclinaison voulue quand elle doit suivre les plans inclinés de la pièce de manœuvre.

La tige qui pénètre dans la boîte de l'obturateur pour servir d'arrêt, quand on veut obtenir des épreuves posées, conserve encore une légère saillie à l'intérieur quand la douille mobile qui la porte est complètement abaissée. Dans cette position, elle sert d'arrêt pour empêcher le fonctionnement du mouvement à baïonnette qui sert au montage de l'appareil; mais, en dévissant suffisamment le bout renflé du corps de pompe qui sert à recevoir le tube en caoutchouc, on peut faire disparaître la saillie dont il s'agit et l'appareil peut s'ouvrir aisément. Les constructeurs ont aussi réalisé un dispositif très simple, n'exigeant aucune pièce supplémentaire pour permettre de visiter l'appareil. Le mécanisme de cet obturateur est donc peu compliqué, ne peut pas se déranger et permet d'établir l'instrument à un prix relativement bas eu égard aux soins apportés à sa construction.

§ 2. — CHAMBRES NOIRES.

1121. Chambres d'atelier. — Depuis que l'on se sert d'obturateurs pour ouvrir et fermer les objectifs employés aux travaux de l'atelier, on donne aux chambres noires une stabilité aussi grande que possible. Cette stabilité est d'ailleurs nécessaire pour certains travaux délicats, et il faut reconnaître que le fonctionnement des anciennes chambres d'atelier était assez défectueux sous le rapport de la précision. Dans certains cas, l'usure des pièces sur lesquelles circule le chariot portant le châssis est telle qu'il est fort difficile d'obtenir des reproductions exactes. MM. Gilles frères font circuler la base du chariot mobile sur deux rails triangulaires en acier placés parallèlement sur la base de l'appareil et sur lesquels glisse tout le bâti du châssis entraîné soit par un pignon à crémaillère, soit par une vis sans fin. Ce système est adapté par ces constructeurs à toutes les bases à glissières des chambres noires d'atelier; il assure une régularité de fonctionnement et une précision que l'on chercherait vainement dans les grandes chambres dépourvues de ce dispositif.

Les mêmes constructeurs ont établi pour l'usine du Creusot un modèle de chambre noire toute spéciale [1]. Cet appareil a été construit en vue d'être transporté dans les différents ateliers des usines. Il est composé d'un bâti en chêne extrêmement solide, monté sur roues, et d'un second bâti mobile dans celui-ci. Au-dessus de ces deux pièces, deux tablettes sont étagées pour servir de support et de points d'appui aux divers mécanismes. La chambre noire carrée, à trois corps, permet d'obtenir des épreuves de 0,50 de côté. Les divers mouvements qui peuvent être communiqués à la chambre noire sont au nombre de neuf, savoir : 1° mouvement d'élévation et d'abaissement; 2° mouvement d'inclinaison d'arrière en avant; 3° mouvement d'inclinaison à droite et à gauche de l'axe longitudinal du bâti; 4° mouvement simultané d'écartement ou de rapprochement des corps extrêmes de la chambre noire; 5° mouvement indépendant de ces mêmes corps; 6° soulèvement direct de chacun des trois corps de la chambre noire; 7° inclinaison directe de chacun des trois

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1889, p. 301.

corps, d'arrière en avant et inversement; 8° oscillation de droite à gauche et inversement de la glace dépolie (indépendamment du corps auquel elle appartient); 9° oscillation d'arrière en avant et inversement de la glace dépolie. Pour les épreuves de format réduit, obtenues à l'aide d'objectifs de foyer relativement court, la planchette d'objectif prend place dans le corps du milieu, comme dans les anciens modèles de chambres à trois corps construit par MM. Gilles.

Le dernier modèle de chambre noire établi par les mêmes fabricants, sous le nom de chambre universelle [1], peut servir pour les opérations photographiques ordinaires, pour les agrandissements, les réductions, les épreuves dégradées à fond noir dites fonds russes, etc. Le chariot rentrant peut être porté à 1m60 de longueur; l'extension se fait au moyen d'une vis à volant placée sous la main de l'opérateur, qui, par un renvoi d'engrenage, force la partie mobile à s'avancer parallèlement à l'axe de l'appareil. La chambre est formée de trois corps qui peuvent parcourir le chariot d'un bout à l'autre; ils sont reliés par deux soufflets dont l'extension correspond à la plus grande longueur du chariot. Le corps d'avant reçoit à volonté les planchettes à objectif, ou un châssis disposé pour placer les phototypes de diverses dimensions dont on veut faire l'agrandissement ou la réduction; dans une feuillure, à l'avant, on glisse un verre dépoli pour diffuser la lumière; deux crémaillères font mouvoir de bas en haut et de gauche à droite la partie qui porte le phototype, de manière à le mettre exactement en place.

Le corps du milieu reçoit indifféremment les planchettes à objectif ou un tronc de pyramide quadrangulaire sur lequel s'adaptent les mêmes planchettes. Ce tronc de pyramide, placé en avant, porte l'objectif vers le phototype à reproduire et facilite les opérations préliminaires de l'agrandissement; retourné et placé en arrière, il éloigne l'objectif du phototype et simplifie les opérations nécessaires pour la réduction de l'image.

Le troisième corps porte soit la glace dépolie, soit les châssis négatifs à rideaux, soit le multiplicateur; il est à bascule verticale et à déplacement horizontal. Il peut recevoir une chambre à soufflet plus petite dont la partie antérieure vient s'accrocher sur le second corps et qui sert à éviter l'illumination de la chambre par lumière diffuse quand on fait de petites épreuves avec des objectifs couvrant une

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1890, p. 327.

surface bien plus grande que celle qu'on utilise. On évite aussi les inconvénients de cette lumière diffuse en interposant entre l'objectif et la surface sensible des diaphragmes de carton ou de bois noir dont l'ouverture et la distance sont proportionnées à la dimension de l'image que l'on veut obtenir. Ces diaphragmes sont portés soit par le second corps de la chambre, soit par le tronc de pyramide, soit par la double boîte qui sert pour les fonds russes.

La manœuvre des corps de cette chambre noire se fait avec facilité et précision au moyen de larges boutons molletés et de crémaillères qui font avancer ou reculer les diverses coulisses sur deux prismes d'acier assurant le parallélisme de l'ensemble.

1122. Chambres de voyage. — MM. Watson et fils ont perfectionné le modèle de chambre noire qu'ils ont appelé « *The Acme.* »

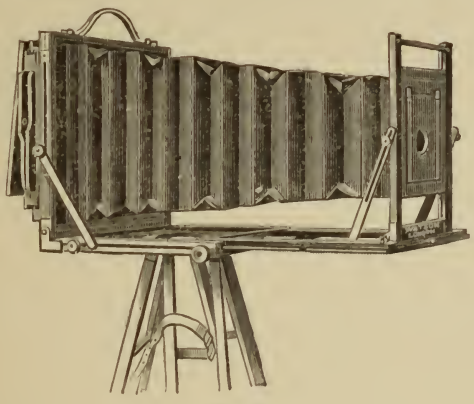


Fig. 61.

Cet excellent modèle, l'un des plus pratiques qui existent, était livré autrefois avec diverses pièces maintenues à l'aide de coins en laiton ; l'appareil était cependant fort léger tout en étant très solide. L'emploi de l'aluminium a permis de diminuer encore le poids de cette chambre noire (*fig. 60*), sans rien sacrifier de sa solidité.

L'emploi de l'aluminium pour la construction des appareils photographiques n'est pas une nouveauté[1] ; mais c'est seulement depuis que le prix de ce métal est moins élevé que son usage s'est répandu et permet de réduire dans de larges proportions le poids des appa-

1. *British journal of Photography*, vol. VII, p. 1.

reils de voyage. Ce métal est environ trois fois et demi plus léger que le cuivre, et sa résistance est considérable. C'est surtout pour la fabrication des chambres à main que l'on a intérêt à employer l'aluminium; on arrive ainsi à construire des appareils à la fois très légers et très solides comme le sont ceux fabriqués récemment par M. P. Nadar, M. Gilon, M. Brichault et par quelques constructeurs.

1123. Détails de construction des chambres noires; planchettes d'objectifs. — Pour faciliter le transport d'un objectif d'une chambre noire sur une autre par déplacement de la planchette qui le supporte, les Congrès de 1889 et 1891 ont recommandé de construire à l'avenir les planchettes des chambres noires d'après les règles uniformes suivantes :

1° Les planchettes seront de forme carrée et s'adapteront dans un cadre de même forme, les constructeurs restant libres d'ailleurs d'adopter le mode de fixation qu'ils trouveront préférable, mais à la condition de laisser un jeu suffisant pour permettre de changer les planchettes sans difficulté;

2° Pour les chambres de dimensions courantes, ces planchettes formeront une série normale comportant les dimensions et les numéros indiqués ci-dessous :

Numéros :	1	2	3	4	5
Dimensions du côté en millimètres :	75	100	125	150	200

Les planchettes des quatre premiers numéros auront une épaisseur de *cinq* millimètres, et la dernière aura une épaisseur de *sept* millimètres *et demi*.

On pourra utiliser pour les chambres noires du format 12×18, possédant une cloison mobile pour l'obtention des vues stéréoscopiques, une planchette n° 4, et pour les chambres noires spéciales pour vues stéréoscopiques, deux planchettes n° 1 juxtaposées qui permettront de réduire au besoin jusqu'à $0^{m}065$ l'écartement des axes des objectifs en montant ces objectifs excentriquement.

Le Congrès international de photographie de 1891 n'a pas fixé de limites pour les tolérances de fabrication de ces planchettes. La Société française de photographie a fait établir une série de calibres en métal, présentant chacun une rainure rectangulaire ayant, comme

largeur au fond, la dimension exacte fixée pour le côté de la planchette du numéro correspondant et, comme épaisseur, l'épaisseur exacte, également fixée pour la planchette correspondante (*fig 62*).

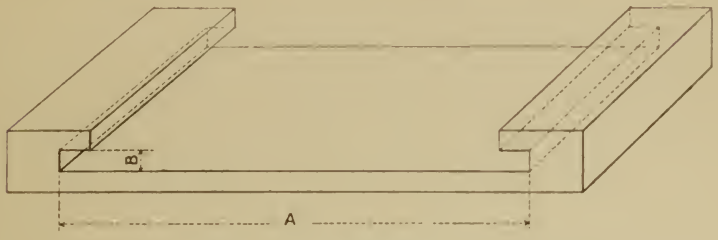


Fig. 62.

Les planchettes fabriquées en conformité des décisions du Congrès doivent pouvoir passer librement et dans les deux sens dans le calibre du numéro correspondant; elles ne doivent pas passer dans le calibre avec un jeu trop considérable.

Il faut de plus que les cadres ou ouvertures rectangulaires ménagées dans les chambres noires pour recevoir les planchettes soient de dimensions suffisantes pour laisser pénétrer ces planchettes et ne pas laisser autour d'elles un jeu excessif. On vérifiera les formes et dimensions de ces ouvertures à l'aide de calibres en métal de forme carrée, présentant exactement les dimensions fixées pour les planchettes, côté et épaisseur.

La Société française de photographie a fait confectionner un jeu de calibres en laiton présentant les dimensions fixées pour les planchettes d'objectifs des différents numéros (*fig. 63*). Pour vérifier à

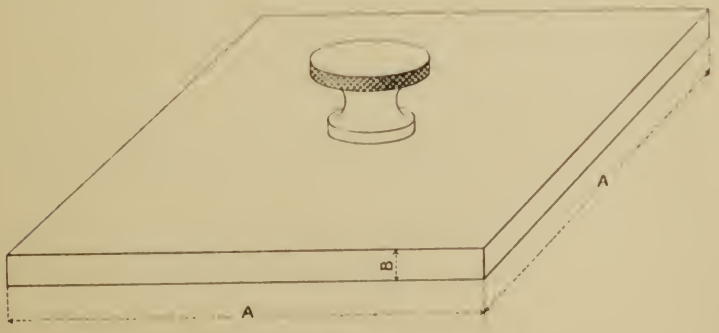


Fig. 63.

l'aide de ces instruments les chambres noires dont on veut contrôler la construction, il suffit d'introduire dans le cadre ménagé pour recevoir une planchette du numéro donné le calibre de numéro correspondant. Ce calibre doit pénétrer facilement, mais sans laisser autour de lui de jeu excessif; il doit en outre s'enfoncer suffisamment pour se trouver engagé de toute son épaisseur dans le cadre. On peut s'assurer que cette condition est remplie en appliquant une règle bien dressée sur les bords du calibre, de façon qu'elle passe au-dessus de la planchette; cette règle devra pouvoir se déplacer librement, sans toucher celle-ci.

1124. Châssis négatifs; format des plaques. — Les châssis négatifs sont à rideaux, demi-rideaux ou à volets (**103**). Le châssis à rideaux est celui dont l'emploi offre de beaucoup le plus d'avantage, malgré ses dimensions un peu supérieures à celles du châssis à volet. Il est fort difficile, pour des dimensions de plaques un peu considérables, d'obtenir par l'emploi du volet une fermeture qui ne laisse pas passer la lumière. Pour le travail au-dehors, le châssis à rideaux doit être préféré à tout autre modèle.

Les Congrès de photographie n'ont pas limité de dimensions extérieures pour les châssis négatifs; mais les formats des plaques ont été fixés en 1889 et 1891 de manière à pouvoir ultérieurement faciliter l'emploi des chambres noires par l'adoption de châssis de dimensions uniformes et contribuer ainsi à réduire le nombre des formats des chambres employées pour les usages courants. Les résolutions suivantes ont été adoptées :

1° Les châssis de chambres noires devront être construits d'après les dimensions fixées ci-après pour les plaques, en réservant un jeu suffisant pour tenir compte des tolérances à admettre dans les dimensions de ces dernières.

2° On adoptera trois séries normales de cinq plaques chacune, savoir : une série de plaques carrées, une série de plaques rectangulaires présentant entre la largeur et la hauteur le rapport de 3 sur 4, et une série de plaques rectangulaires présentant entre la largeur et la hauteur le rapport de 2 sur 3.

3° Les plaques figurant dans ces séries s'obtiendront en divisant ou en multipliant par 2 pour les plaques rectangulaires, par 2 et par 3 pour les plaques carrées, les dimensions de plaques convenablement choisies et dites plaques normales internationales.

4° On adoptera comme plaques normales internationales dont dériveront, comme il est dit ci-dessus, les plaques des trois séries normales, les trois plaques ayant pour hauteur commune 0^m24 et pour largeur respective 0^m24, 0^m18 et 0^m16.

5° Les plaques devront être découpées avec soin aux dimensions indiquées et bien mises à l'équerre. On admettra sur leurs dimensions des variations en moins seulement, et la tolérance sera limitée au 1/100e de ces dimensions. Cette tolérance sera calculée en nombre rond de millimètres, en forçant le dernier chiffre lorsque le premier chiffre décimal supprimé atteindra 5.

6° Pour les plaques de verre, l'épaisseur ne devra pas dépasser :

0^m002 pour les plaques dont la plus grande dimension ne dépasse pas 0^m18;

0^m003 pour les plaques dont la plus grande dimension est comprise entre 0^m18 et 0^m36;

0^m004 pour les plaques au-dessus de ces dimensions.

7° On admettra les mêmes tolérances sur les dimensions des châssis correspondants aux différents formats de plaques, mais avec cette différence qu'il ne sera admis que des variations en plus des dimensions normales, de telle sorte que les dimensions fixées pour les formats des plaques représenteront les dimensions maxima de ces plaques et les dimensions minima des châssis correspondants.

8° En conséquence, le tableau des dimensions des plaques et des châssis constituant les séries normales sera fixé de la façon suivante :

Dimensions en centimètres pour les formats, en millimètres pour les épaisseurs et tolérances.		Numéros d'ordre. 1	2	3	4	5
Série $\frac{2}{3}$	Largeur normale	32	24	16	12	8
	Tolérance	3	2	2	1	1
	Hauteur normale	48	36	24	18	12
	Tolérance	5	4	2	2	1
Série $\frac{3}{4}$	Largeur normale	36	24	18	12	9
	Tolérance	4	2	2	1	1
	Hauteur normale	48	32	24	16	12
	Tolérance	5	3	2	2	1
Série carrée.	Largeur et hauteur normales	48	36	24	12	8
	Tolérance	5	4	2	1	1
Épaisseur (sans distinction de série)		4	3	3	2	2

9° Pour vérifier les dimensions des châssis des chambres noires

et des plaques on emploie des calibres vérificateurs semblables à ceux qu'a fait établir la Société française de photographie.

1125. Vérificateurs des plaques et châssis. — Le seul procédé[1] rigoureux pour vérifier les dimensions des formats fixés consiste dans l'emploi d'une série de cadres parfaitement rectangulaires, ayant respectivement comme dimensions intérieures les dimensions maxima et minima fixées pour les formats correspondants. Chaque plaque ou papier découpé d'un format donné devra pouvoir passer librement dans le cadre ou calibre aux dimensions maxima et ne devra pas pouvoir passer dans le calibre aux dimensions minima.

M. le général Sébert a fait établir, comme pour les planchettes d'objectifs, un jeu de calibres vérificateurs permettant de vérifier non seulement les dimensions latérales, mais aussi les épaisseurs et la planité des plaques.

Les calibres rectangulaires composant le jeu d'instruments vérificateurs à employer pour le contrôle des dimensions des plaques sont découpés dans des feuilles de laiton de 0^m002 d'épaisseur (*fig. 64*). Ce jeu d'instruments est complété par l'emploi d'une planche en laiton bien plane de la dimension du plus grand calibre et

Fig. 64.

sur laquelle on pose les calibres et les plaques pour les opérations de vérification, et par une règle métallique bien dressée de 0^m60 de longueur que l'on promène au-dessus des plaques en l'appuyant sur les bords des calibres pour vérifier les épaisseurs.

Cette règle est graduée en millimètres, sur l'un de ses bords taillés

1. Général Sébert, *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 211.

en biseau, pour permettre de mesurer exactement les dimensions des plaques à vérifier, lorsqu'on désire connaître ces dimensions. Sur le bord opposé, on a marqué des traits correspondants aux dimensions maxima et minima fixées pour les différents formats. Ces divisions permettent de vérifier les dimensions des calibres que les constructeurs peuvent faire établir et donnent le moyen de s'assurer que les calibres employés n'ont pas été faussés ou déformés par l'usage.

Les plaques à vérifier ne devront pas pouvoir pénétrer dans le calibre aux dimensions minima. En les appliquant sur ce calibre, on pourra constater si elles sont coupées d'équerre et si elles ne sont pas susceptibles de laisser du jour entre elles et les bords du châssis.

Ces mêmes plaques devront, au contraire, entrer dans le calibre aux dimensions maxima. En examinant la façon dont elles en suivent les contours, on pourra apprécier encore le soin avec lequel elles auront été découpées. L'opération étant faite, en appliquant le calibre et la plaque sur la planche en laiton, on promène la règle sur les faces du calibre : cette règle devra pouvoir passer sans la toucher sur toute la surface de la plaque.

Si l'on veut, avec ces mêmes instruments, vérifier des plaques du même format, mais ayant comme épaisseur maxima 0^m0025 au lieu de 0^m002, il suffira d'interposer entre la planche de laiton et le calibre, en forme de cadre, aux dimensions maxima, deux cales placées par exemple sous les petits côtés de ce cadre et formées de languettes de clinquant bien planes ayant un demi-millimètre d'épaisseur.

On portera ainsi l'épaisseur totale du calibre à 0^m0025. Avec des cales semblables de 0^m001 ou 0^m002 d'épaisseur, on vérifie les plaques de même format dont l'épaisseur pourrait aller jusqu'à 0^m003 ou 0^m004.

En plaçant ces diverses cales sous les plaques au lieu de les placer sous le calibre, lors des vérifications, on peut vérifier des plaques devant avoir normalement pour le même format des épaisseurs plus faibles.

Un châssis de dimensions données doit pouvoir recevoir les plaques du format correspondant, ayant les dimensions maxima résultant des tolérances admises, et il doit pouvoir retenir dans ses feuillures les plaques du même format, ayant les dimensions minima. En conséquence, si l'on veut vérifier les dimensions intérieures des châssis de chambres noires, pour les différents formats admis pour les plaques, il faudra disposer, pour chaque format, de deux calibres rec-

tangulaires présentant l'un les dimensions maxima, l'autre les dimensions minima admises pour les plaques correspondantes.

L'emploi de plaques sensibles sur verre nécessite la vérification de la profondeur donnée au châssis, ou l'épaisseur des feuillures destinées à recevoir les plaques. On fait cette vérification à l'aide de calibres constitués par des plaques rectangulaires en laiton munies, au centre, d'un trou fileté qui peut recevoir un bouton destiné à en faciliter le maniement *(fig. 65)*. Pour chaque format de plaques il y

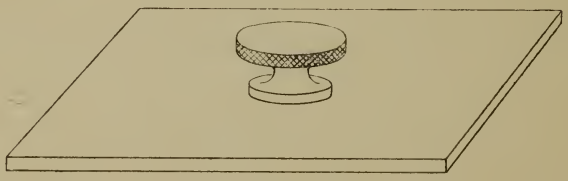


Fig. 65.

a deux calibres, l'un aux dimensions maxima, l'autre aux dimensions minima. Quant aux épaisseurs, on a adopté uniformément pour tous ces calibres l'épaisseur de $0^{m}002$ qui est le minimum d'épaisseur adopté par le Congrès.

La vérification d'un châssis d'un format donné s'effectue simplement. On introduit successivement dans ce châssis les deux calibres correspondants. Ils doivent pouvoir pénétrer tous deux et se trouver convenablement retenus par les feuillures. Ces calibres vérifient directement les épaisseurs de $0^{m}002$. Pour les épaisseurs plus fortes, on doit pouvoir en outre introduire avec les calibres des cales d'épaisseur convenable, ainsi qu'il a été indiqué plus haut.

§ 3. — PIEDS ET SUPPORTS DE CHAMBRE NOIRE.

1126. Fixation des chambres noires sur les pieds. – En attendant qu'il ait été adopté une série internationale pour les vis et écrous entrant dans la construction des instruments en général et des instruments d'optique et appareils photographiques en particulier, et afin de faciliter l'emploi des mêmes appareils dans les différents pays, les Congrès photographiques de 1889 et 1891 ont adopté pour les vis portées par les pieds des chambres noires et servant à la fixation

de ces dernières les dimensions de celles des vis de la série adoptée par la Société de photographie de la Grande-Bretagne pour la construction des appareils photographiques qui sert déjà plus spécialement à cet usage en Angleterre[1] : c'est la vis n° 1 de cette série (**131**).

Les écrous des chambres doivent être faits de manière à laisser subsister un jeu suffisant pour un vissage facile. Les Congrès n'ont pas fixé de limites pour les tolérances sur les dimensions de ces vis.

Les constructeurs doivent être munis d'une vis et d'un écrou type de la maison Witworth, du modèle indiqué pour la fixation des pieds

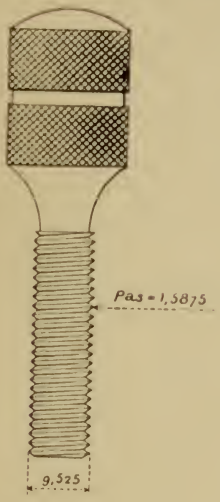


Fig. 66.

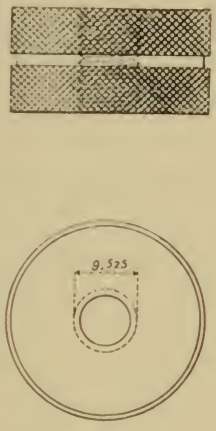


Fig. 67.

sur les chambres noires. M. le général Sébert a fait établir par la maison Barriquand une vis et un écrou type en acier (*fig. 66* et *67*) présentant aussi exactement que possible les dimensions normales et se vissant l'une dans l'autre sans jeu appréciable. Toutes les vis de pied fabriquées en vue de se conformer aux décisions du Congrès de photographie doivent pouvoir se visser complètement dans l'écrou type, sans trop grand ballottement; de même, les écrous des chambres, établis conformément aux mêmes décisions, doivent laisser pénétrer à fond la vis type sans que celle-ci présente également un jeu trop accentué.

1. *Phot. News*, 21 juillet 1882.

1127. Pieds de campagne. — Il est quelquefois nécessaire pour la facilité du transport et lorsque la pose est finie de rendre indépendants l'un de l'autre le plateau supérieur, les trois branches articulées et la vis qui sert à fixer la chambre noire sur son pied ; on parvient ainsi à réduire au strict minimum le volume de l'ensemble.

M. Fauvel a dans ce but adopté le dispositif suivant[1] : le plateau sur lequel se fixe la chambre noire est garni à sa face inférieure

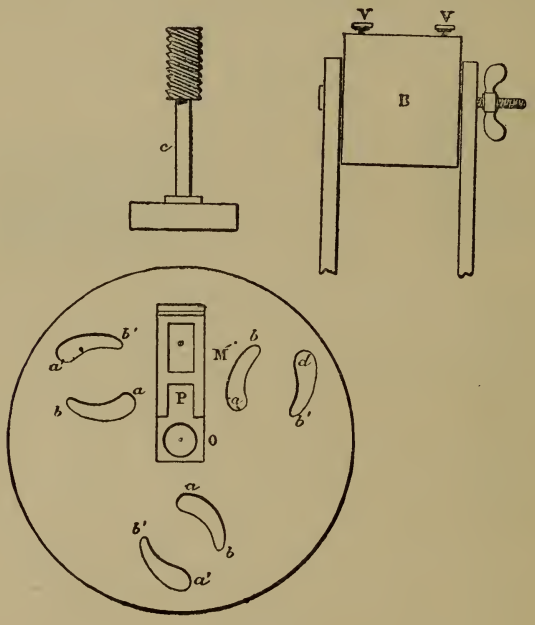


Fig. 68.

d'une plaque circulaire en métal, munie de trois paires d'encoches circulaires en forme de virgules *ab*, *a'b'* (*fig. 68*) ; d'autre part, le bloc de bois B, qui relie les deux pièces de la plus grande brisure de chaque branche articulée, porte à sa face supérieure deux vis à tête ronde et à collet V montées sur une plaque de métal ; le diamètre de la tête de ces vis correspond à la partie la plus large *a* des encoches et celui du collet à l'extrémité étroite *b*. Les deux encoches *ab a'b'* de chaque paire sont du reste au même écartement que les vis V. Il en résulte qu'en posant les pièces l'une sur l'autre, de façon que les têtes de vis V

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 63.

pénètrent en *aa'* des encoches, et les faisant tourner l'une par rapport à l'autre de façon à amener les vis au fond *bb'* des encoches, la branche et le plateau se trouvent assemblés. On répète la même opération pour les deux autres branches.

Quant à la vis de la chambre, elle est construite de façon à présenter un collet plus étroit *c* entre le pas de vis et la tête. Elle pénètre librement dans une ouverture circulaire O, percée au centre du plateau; mais si alors on pousse une pièce mobile M qui glisse à frottement dur entre le plateau et la plaque métallique porte-encoches, cette ouverture centrale se trouve réduite aux dimensions du carré P, le pas de vis ne peut plus sortir, le collet conservant cependant toute sa liberté de mouvement. Dans ces conditions, le pied se trouve constitué et fonctionne comme à l'ordinaire. A la fin de la pose il suffit, après avoir enlevé la chambre, de tirer la pièce M pour que la vis s'échappe et de dégager les trois branches par un petit mouvement de rotation qui a pour effet de ramener les vis d'assemblage en face des bouts *aa'* de l'encoche par où elles sortent librement. Ce pied permet d'obtenir une certaine stabilité de la chambre noire, grâce aux dimensions assez grandes que l'on peut donner au plateau.

M. Lacoste-Delpérier, afin d'obtenir une stabilité aussi grande que possible des branches du pied, dispose ces branches à tenons et mortaises de telle sorte que quand l'appareil est monté et les vis fortement serrées l'ensemble est très solide.

Cette condition de solidité est extrêmement importante lorsqu'on opère en plein air et que, sous l'influence du vent, l'ensemble de l'appareil a une tendance à osciller. Ces oscillations sont souvent imperceptibles, mais se traduisent par un manque de netteté de l'image. Pour éviter cet inconvénient, M. Berceon[1] se sert de trois lames de bois réunies à une extrémité par un pivot et terminées à l'autre extrémité par une petite fourche; on engage cette fourche sous la vis de la première articulation du pied, on réunit ainsi les trois branches, et on obtient un tout rigide et solide, susceptible de ne pas osciller sous l'influence du vent et permettant de transporter facilement tout l'appareil sans déranger l'écartement des branches du pied. Ce petit accessoire est peu encombrant, fort léger, et peut facilement trouver place dans le sac qui sert à renfermer le pied.

M. Lebreton, dans le but de consolider le support de la chambre

1. *Phot. Gazette*, 1891, p. 42.

noire, a construit un pied à croisillons mobiles permettant de former un tout rigide. A la tête de chaque branche se trouve un pas de vis qui permet d'obtenir telle inclinaison que l'on veut de la chambre noire, ou bien d'obtenir une horizontalité complète de la base de celle-ci.

On peut réduire considérablement le poids et le volume des pieds de campagne en les construisant comme le fait M. Hanau. L'appareil est constitué par des branches rentrant l'une dans l'autre, de telle sorte que lorsque l'instrument est disposé pour le transport il n'occupe pas plus de 0^m30 de longueur; en retirant les tubes rentrants à la manière de ceux des longues-vues, on peut donner au pied une longueur de 1^m20.

S'il s'agit de supporter des chambres noires très légères, on peut se servir d'un pied peu volumineux. M. Van Assche[1] fixe la chambre noire sur une table en métal, munie d'une boule rotule avec vis de pression. C'est à cette table que se fixent les branches de pied; ces branches se plient en deux à l'aide d'une charnière et sont formées d'une baguette carrée en sapin de Riga de 0^m017 de section. Du côté opposé à la charnière se trouve une espèce de cuvette guide en cuivre, fixée à la moitié supérieure de chaque branche; elle reçoit la partie inférieure qui s'y maintient à l'aide d'un bouton et d'un crochet.

1128. Support de chambre noire. — L'emploi du pied destiné à supporter les chambres noires n'est pas toujours possible. Lorsque l'on fait des photographies sur un navire (relevés de côtes, entrées de ports), lorsque l'on opère en ballon, il faut adopter un dispositif spécial pour suspendre la chambre noire. Pour ces sortes de travaux, M. Piver[2] se sert d'un support très simple. Il se compose d'un anneau adapté sur une partie du gréement, au-dessus de l'endroit où l'on veut opérer. De cet anneau pend une corde (*fig. 69*), longue de quelques centimètres, au bout de laquelle est fixée une chape munie de coussinets qui supportent un fléau oscillant comme celui d'une balance. Deux cordes partant des extrémités de ce fléau saisissent l'appareil avec des porte-mousquetons à peu près un tiers à l'avant de la base de la chambre noire; deux autres cordes, un peu plus longues et attachées à l'anneau d'en haut, viennent s'accrocher de la même manière à l'arrière de la chambre, qui se trouve ainsi suspendue

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 351. — 2. *Ibid.*, 1891, p. 405.

librement, et le changement de châssis négatifs peut s'effectuer avec facilité. Les soufflets de la chambre noire sont protégés grâce à deux barres légères en bois qui écartent les cordes.

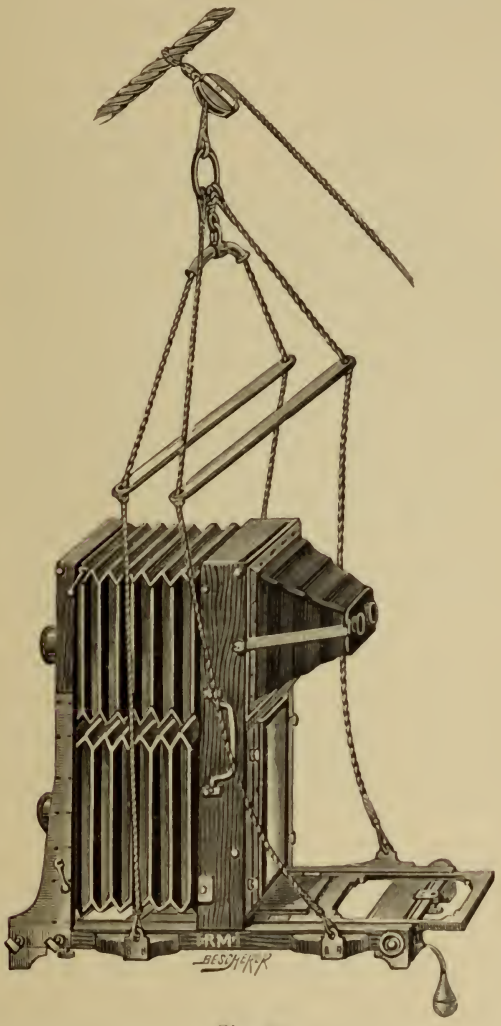


Fig. 69.

Ce dispositif permet de soulever l'appareil pour obtenir une vue plongeante. On peut faire pivoter l'instrument autour de son point de suspension, et cela rapidement, sans le moindre choc, sans

fatigue aucune. On peut donc contrebalancer tous les mouvements d'un navire et suivre exactement le sujet à reproduire.

L'appareil construit par M. Martinet, sur les indications de M. Piver, permet d'opérer sur glaces de $0^m18 \times 0^m24$. Il est constitué par deux chambres d'égales dimensions, ayant des objectifs absolument semblables : celui du haut est destiné à mettre au point, celui du bas sert à former l'image et est muni d'un obturateur. Le bouton qui fait mouvoir le chariot pour la mise au point et la poire de déclenchement sont très rapprochés pour que la main se déplace le moins possible; un tube en cuivre conduit l'air comprimé jusqu'à l'obturateur. Grâce à ce dispositif, susceptible d'être appliqué dans bien des cas, on évite l'influence des trépidations qui empêchent d'obtenir des images nettes.

§ 4. — APPAREILS SPÉCIAUX.

1129. Chambres panoramiques. — M. Damoizeau a construit, sous le nom de cyclographe, un appareil à foyer variable permettant d'obtenir une vue d'un tour d'horizon complet. Cet instrument (*fig. 70*) produit donc directement et en une seule pose des vues embrassant un angle de 360°. Les négatifs s'obtiennent soit sur papier recouvert d'émulsion au gélatino-bromure, soit sur pellicule transparente.

Le principe théorique sur lequel est basée la construction de cet instrument consiste dans le synchronisme qui existe entre le chemin parcouru par le point nodal d'émergence de l'objectif employé et le chemin parcouru par la bande sensible qui se déroule sans solution de continuité dans le châssis négatif. On peut donc obtenir des panoramas d'une longueur considérable, bien que le châssis soit de petites dimensions, car la bande de pellicule est emmagasinée comme dans les châssis à rouleau.

L'appareil se compose d'une chambre noire montée sur un chariot pivotant sur un plateau circulaire (*fig. 71*); l'avant porte une planchette destinée à recevoir les divers objectifs : elle peut s'élever et s'abaisser entre deux coulisses comme dans tous les appareils ordinaires.

L'arrière de la chambre constitue un châssis à rouleau d'un système particulier : ce châssis renferme le papier sensible monté sur une bobine spéciale. Après avoir passé au foyer de l'objectif, il s'en-

roule sur une autre bobine. L'entraînement de la surface sensible est produit au moyen d'un cylindre conducteur qui est commandé par un mouvement d'horlogerie placé sous le châssis à rouleaux.

Le plateau circulaire soutient le chariot, grâce d'une part à deux galets forés, et, d'autre part, grâce au mouvement d'horlogerie dont le

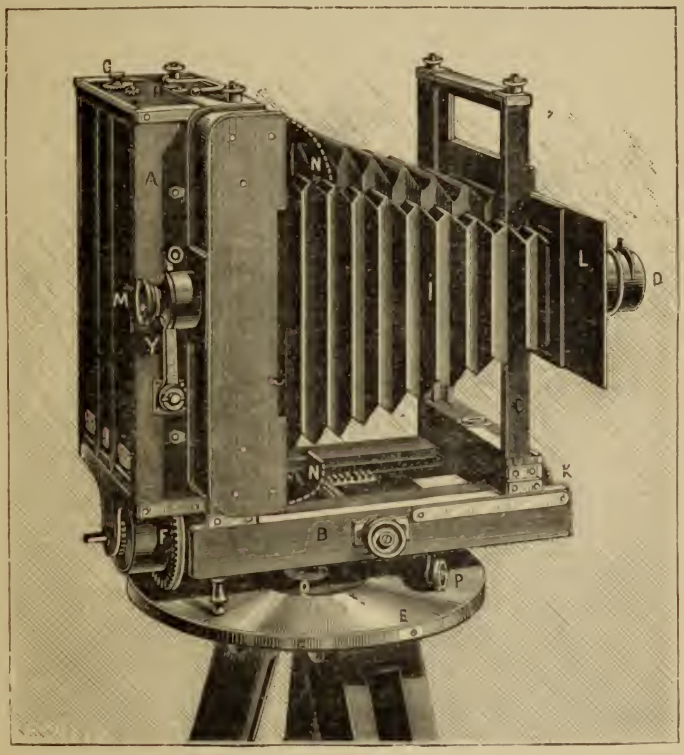


Fig. 70.

barillet roule sur le plateau en donnant par simple adhérence sur ce dernier le mouvement de translation à tout le système.

Le chariot porte deux coulisseaux mobiles fonctionnant en sens inverse au moyen de crémaillères manœuvrées par des pignons commandés eux-mêmes de l'extérieur du chariot. C'est au coulisseau d'avant qu'est fixé le cadre porte-objectif dont la partie arrière contient le soufflet; le coulisseau d'arrière porte la chambre noire proprement dite. C'est dans la partie postérieure de cette chambre (*fig.* 72) que se trouve le cylindre conducteur, mû directement par le

mouvement d'horlogerie et donnant à la bande sensible la vitesse de translation convenable. Cette vitesse est toujours proportionnelle au chemin parcouru par le point nodal d'émergence tournant autour du centre de rotation de l'appareil. Il faut donc par construction déterminer la distance entre le point nodal d'émergence et l'axe de rotation, puis entre celui-ci et le plan focal. L'appareil est construit de telle sorte que ce rapport soit invariable, quelle que soit la distance focale principale de l'objectif employé. A l'arrière de la chambre se trouvent deux cylindres : ce sont deux bobines interchangeables : l'une sert de magasin à la matière sensible; l'autre sert à la rece-

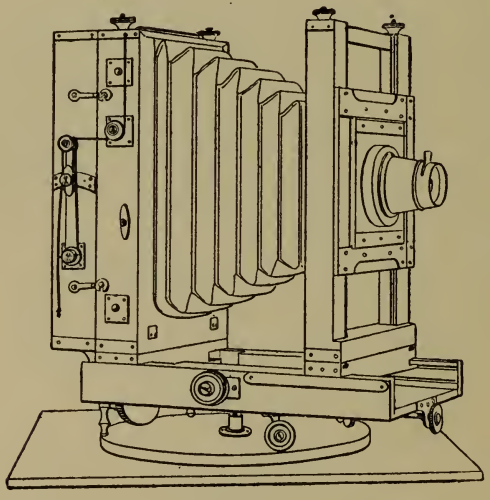


Fig. 71.

voir après son impression par la lumière. Les bobines sont construites pour enrouler environ 5 mètres de papier et le double de pellicule de la maison Cristallos.

La fraction d'image reçue sur la plaque sensible est déterminée par deux écrans opaques qui laissent démasquée une bande plus ou moins étroite de la préparation. Ce dispositif, qui se manœuvre de l'extérieur, permet de modifier la durée du temps de pose, même pendant l'opération. Un volet placé en avant sert d'obturateur et, au moyen d'un mécanisme très simple, ne s'ouvre qu'au moment où l'on déclenche le mouvement d'horlogerie. Il se referme au moment de l'arrêt de l'appareil.

Sur le dessus de la chambre et encastré dans l'épaisseur du bois se trouve un compteur *g*, qui sert à indiquer la quantité de matière sensible utilisée et surtout celle restant disponible. Ce compteur est composé de deux engrenages superposés ayant un nombre égal de dents et commandés en même temps par un même pignon, lequel est directement fixé sur le cylindre conducteur. L'aiguille indicatrice est rivée à l'engrenage du dessous dont le centre traverse celui du dessus. Ce dernier est divisé et gradué en mètres et centimètres. Ce compteur est monté sur une tige fixée à la chambre par une platine et soutenue par un ressort. Lorsqu'un panorama est pris, on pointe la pellicule pour savoir exactement à quel endroit il faudra la couper.

Le chargement de l'appareil ou mise en place des bobines de pellicules sensibles peut s'effectuer en pleine lumière. Les bandes sont munies, au commencement et à la fin, d'une certaine longueur de papier noir ou rouge qui protège efficacement la matière sensible avant son entrée dans l'appareil et après sa sortie en pleine lumière, dispositif indiqué par Silvy **(123)**. Au lieu de la simple soie jaune employée primitivement et qui suffisait pour protéger le papier ciré [1], M. Damoizeau colle à l'une des extrémités de la pellicule sensible une feuille de papier noir et à l'autre extrémité une feuille de papier rouge; on a au préalable enroulé sur la bobine d'abord le papier rouge, puis la pellicule, et enfin le papier noir, qui permet de la manœuvrer en pleine lumière; après exposition de la pellicule dans le châssis à rouleau, ce sera la partie rouge qui se trouvera à l'extérieur, de telle sorte qu'on ne pourra commettre d'erreur. On ouvre la partie postérieure du châssis à rouleaux (*fig.* 72) et l'on place dans le compartiment de droite la bobine H, qui contient la pellicule que l'on désire utiliser; on déroule une partie du papier noir et on en introduit l'extrémité dans la fente de la bobine de gauche H'; on fait faire avec la main un tour ou un tour et demi à cette bobine, de manière à tendre la bande, et on ferme l'appareil. On s'assure que cette tension est suffisante en soulevant la trape de gauche située sur la partie extérieure de l'appareil et on imprime à la bobine un mouvement de rotation dans le sens de l'enroulement. Cette opération tend définitivement la bande et amène le commencement de la partie sensible au-devant de la fente par où doit pénétrer la lumière qui impressionnera la pellicule. On s'assure que le commencement de cette bande sen-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1870, p. 38.

sible est arrivé au centre en ouvrant le petit volet du milieu que l'on ferme aussitôt la reconnaissance faite. C'est à ce moment qu'il faut régler le compteur sur la longueur de bande que l'on doit utiliser. Ce réglage s'effectue en dévissant deux à trois filets de l'écrou qui maintient le système en place, de manière à rendre libre l'engrenage du dessus; on fait tourner ce dernier jusqu'à ce que l'aiguille soit sur le

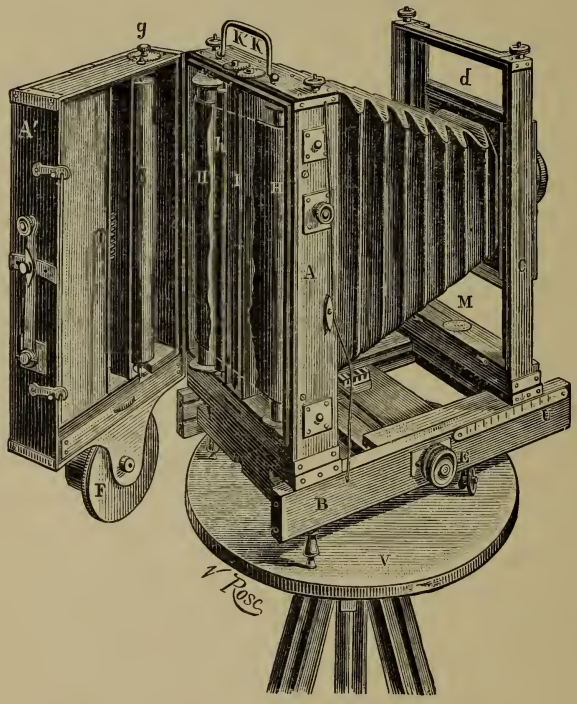


Fig. 72.

chiffre correspondant à la quantité de matière placée dans l'appareil; on remet alors le tout en place.

Le réglage de l'appareil a pour but de vérifier si le rapport des deux distances (longueur focale principale à l'axe de rotation d'une part, et distance de l'axe de rotation à la pellicule sensible) est constant. On le vérifie à l'aide d'une bande de pellicule dépolie ou de toile à calquer ou simplement de papier végétal, enroulée sur une bobine mise à la place de la matière sensible et fixée à la bobine réceptrice; après avoir tendu ce papier à l'aide des bobines, on ouvre la petite trappe du milieu et on met au point. On trace alors sur la bande transparente

introduite un trait de crayon que l'on fait coïncider avec un point quelconque de l'horizon, on fait fonctionner le mouvement d'horlogerie et l'on examine le point de l'horizon avec lequel on a fait coïncider le trait de crayon. L'objet et le trait doivent toujours se superposer pendant le mouvement de gauche à droite que possède la bande transparente. Si l'on remarque que le repère est en avance sur l'image de l'objet visé, c'est que le barrillet est trop éloigné du centre de rotation ; on le rapproche alors au moyen de la vis qui traverse le pivot et qui se manœuvre par le bouton K (*fig. 70*). Si, au contraire, c'est le repère qui est en retard, il faut éloigner le barrillet du centre de rotation en tournant le bouton K en sens contraire. Quand le repère et l'objet se superposent pendant que dure le passage de la bande entre les deux palettes ouvertes en grand, c'est que l'appareil est réglé. On remplace alors la bobine qui a servi au réglage par une autre garnie de matière sensible, et l'on peut opérer après avoir fermé l'appareil et remonté le ressort du mouvement.

Si l'appareil est fermé et qu'une bande sensible ait déjà été entamée, on fait la mise au point à l'aide d'une petite chambre noire, chambre noire que l'on aperçoit en place sur la figure 70. L'objectif est amené en face du petit soufflet ; on fixe alors celui-ci sur la planchette qui porte cet objectif et la mise au point se fait comme à l'ordinaire, au moyen des boutons placés à droite et à gauche du chariot. Une loupe préalablement bien réglée est adaptée au centre d'un rideau mobile et sert pour la mise au point en supprimant le voile ; elle peut monter et descendre et permet de s'assurer de la position de l'image.

Une petite bande de métal est disposée à l'avant du chariot afin de faire les repères nécessaires pour la mise au point des divers objectifs que l'on veut employer. Pour chaque objectif, il est nécessaire également de marquer un repère sur l'une des bandes de cuivre servant à guider le pivot qui change de position pour chaque objectif employé.

La mise au point s'effectue en général sur des objets situés à cent fois la distance focale principale de l'objectif. Les vues panoramiques ne présentent pas le plus souvent de premiers plans, et d'un autre côté les objectifs employés sont d'un foyer assez court pour permettre une mise au point fixe.

La mise au point et le chargement de l'appareil étant effectués, il suffit, pour opérer, de déplacer le levier N (*fig. 73*). Ce levier, au

repos, est dans la position verticale; il commande le frein du mouvement d'horlogerie, et en même temps le volet intérieur mû par la cordelette R. Cette cordelette doit être fixée comme l'indique la figure au levier N quand celui-ci est au cran de repos. Par le déplacement du levier d'avant en arrière, on met l'appareil en marche, le volet intérieur s'ouvre, la bande sensible se déroule devant l'objectif

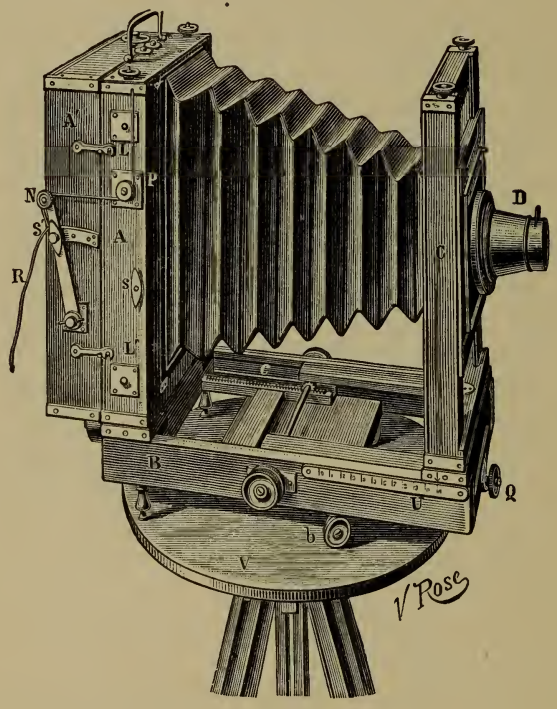


Fig. 73.

sans solution de continuité et s'enroule après avoir été impressionnée.

Le mouvement d'horlogerie est à vitesses variables et l'on peut effectuer la rotation complète en un temps plus ou moins long. La disposition toute spéciale du diaphragme mobile placé près de la surface sensible permet de calculer facilement la durée du temps de pose. En effet, connaissant la durée en secondes d'une révolution entière de l'appareil, le développement de la circonférence engendrée par la longueur focale de l'objectif employé et l'ouverture des palettes mobiles, ouverture qui limite la portion de lumière arrivant sur la

surface sensible, on pourra calculer le temps qu'aura mis un point de l'horizon pour parcourir l'ouverture du diaphragme. Si, par exemple, un panorama de 2 mètres de long a été obtenu en dix secondes avec une ouverture de $0^{m}002$ du diaphragme mobile, chaque point de la surface sensible n'a posé en réalité que $0^{s}01$. Ce diaphragme mobile est mû de l'extérieur au moyen de deux disques dentés. Le frottement est faible, et on peut, au besoin pendant la pose, modérer la lumière dans les parties trop éclairées, et, au contraire, augmenter cette lumière dans les parties sombres, ce qui correspond à une diminution de pose dans les parties trop éclairées et à une augmentation dans les parties qui le sont faiblement. C'est là un dispositif très utile pour obtenir un panorama complet, car dans les vues de cette nature la différence de lumière est considérable entre la partie directement exposée aux rayons solaires et celle qui lui est opposée. Les lointains, les vues de montagnes couvertes de neige envoient plus de lumière que les premiers plans. La disposition du diaphragme mobile obvie à cet inconvénient en augmentant la lumière des premiers plans sans nuire à celle nécessaire aux derniers. Les deux palettes mobiles qui constituent le diaphragme sont taillées de manière à donner une ouverture plus grande dans le haut : c'est la partie qui correspond aux plans les plus rapprochés et plus étroite dans le bas, partie qui sera impressionnée par les plans les plus éloignés.

Pour le transport, l'appareil se replie de manière à former un ensemble peu volumineux, eu égard à la longueur considérable des panoramas que l'on peut obtenir. Le format de l'appareil est très réduit, d'une part à cause de l'emploi de pellicules enroulées, et, d'autre part, à cause de la position de l'axe de rotation. Cet axe rencontre l'axe de l'objectif en un point situé entre le point nodal d'émergence et la surface sensible. C'est ainsi qu'en employant un objectif de $0^{m}50$ de distance focale principale, il suffit d'un plateau ayant $0^{m}30$. Si l'objectif pivotait autour de son point nodal d'émergence, il faudrait un plateau de 1 mètre de diamètre. Les dimensions sont donc fort réduites et le volume de l'instrument ne dépasse pas celui d'un appareil ordinaire qui donnerait des images de même hauteur.

§ 4. — APPAREILS SPÉCIAUX.

1130. Châssis à pellicules. — Les pellicules sensibles, dont l'emploi se généralise de plus en plus, peuvent être utilisées en se servant de châssis ordinaires à glaces. On tend ces pellicules soit sur une glace, soit sur une feuille de carton épais ou de bois ; mais il est préférable de se servir de châssis spéciaux, tel que celui de M. Martin-Chavarez, de Grenoble. Dans cet appareil, les pellicules sont placées sur des feuilles de carton portant sur leur pourtour une rainure dans laquelle on fait glisser la pellicule qui se trouve ainsi parfaitement tendue; on place toutes les surfaces sensibles de sorte qu'elles soient tournées du même côté, et l'on peut ainsi faire passer chaque carton porte-pellicule au premier rang sans que le paquet change de place ni de volume.

L'appareil consiste en une boîte de bois de l'épaisseur d'un châssis à rouleau ordinaire et à l'extrémité duquel se trouve une sorte de poche en étoffe imperméable dans laquelle on peut introduire la main. Le changement de place des pellicules s'effectue à l'aide de deux petites plaques de cuivre recourbées et terminées par un arrêt placé de chaque côté des parois du châssis en haut et en un petit plancher flexible en bas. On introduit tout le paquet de pellicules dans le châssis et on fait la première pose. Pour opérer la substitution de la pellicule n'ayant pas posé, on introduit la main dans le sac fermé par deux rubans de caoutchouc et ne laissant pas passer la lumière, et on avance l'index et le médium disposés en forme de fourche tout en avant contre le volet; on opère alors avec ces deux doigts une légère pression accompagnée d'une traction en arrière, de telle sorte que le paquet de cartons, y compris celui qui a posé, fasse un mouvement de recul et que le plancher flexible, se relevant après la pression, le retienne derrière les deux petites plaques de cuivre. Le chemin se trouve alors dégagé pour le passage d'un nouveau carton. On presse alors (toujours à l'intérieur du sac) sur une tige à coulisse à ressorts terminée au bas par un crochet et placée contre la porte de derrière. Elle est destinée à faire soulever de quelques millimètres le dernier carton, mouvement permettant de le saisir commodément. On le prend et on l'élève dans l'intérieur du sac. Dès qu'il est sorti du paquet, on le pousse en avant; il glisse sur

les plaques de cuivre, dans le chemin qui lui a été ménagé, de manière à venir se placer au premier rang. On opère alors de nouveau une pression sur le paquet, mais en sens inverse, de façon qu'en repassant sous les arrêts il appuie sur le premier carton et rende sa surface plane. Cette manœuvre s'effectue en moins de temps qu'il ne faut pour la décrire et peut être facilement faite en quelques secondes quand on a l'habitude de l'appareil.

La substitution d'un paquet de pellicules à une série de pellicules ayant posé peut s'effectuer très rapidement dans l'obscurité. Les pellicules mises en place sur leur support de carton forment un bloc très facile à transporter et dont le poids, pour trente-deux pellicules, n'atteint pas celui d'une douzaine de glaces préparées. Ces blocs sont disposés avant le départ pour une excursion et le changement d'une trentaine de surfaces sensibles s'effectue en moins de deux minutes dans l'obscurité.

1131. Châssis à rouleaux. — De nombreux perfectionnements ont été réalisés dans la construction des châssis à rouleaux, grâce à la fabrication des pellicules au gélatino-bromure. La Compagnie Eastmann est parvenue à simplifier la construction de ces châssis, ce qui a permis d'en réduire notablement les prix. D'autres constructeurs ont modifié ces appareils de manière à obtenir une tension bien uniforme de la pellicule et à éviter toute erreur lorsqu'il s'agit de diviser les bandes qui ont posé dans la chambre noire.

M. de Faucompré[1] a imaginé certains dispositifs qui rendent les opérations automatiques et permettent d'éviter toute erreur dans la mise en position de la pellicule, son numérotage, sa tension, etc. L'opérateur est arrêté brusquement, d'une façon automatique, lorsque la longueur voulue de la pellicule a été déroulée; un numéro d'ordre indique le rang du négatif qui a été exposé et une aiguille pique la pellicule à l'endroit de la séparation des deux phototypes. La tension de la pellicule placée dans cet appareil est obtenue grâce à l'élasticité de la matière qui la constitue. Cette élasticité, quelque petite qu'elle soit, est cependant suffisante pour compenser le léger recul qui se produit lorsque l'opérateur cesse de tourner le bouton faisant avancer la pellicule. Ce résultat est produit par l'arrêt automatique du rouleau-magasin lorsque la bande sensible, non encore impression-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p 391.

née qu'il porte, a parcouru une longueur déterminée : c'est une manière pratique de réaliser la tension parfaite de la pellicule, surtout lorsque le châssis à rouleau est destiné à donner des épreuves un peu grandes. Les rouleaux portant la pellicule peuvent être mis en place et enlevés avec la plus grande facilité, grâce à des pistons munis de

Fig. 74.

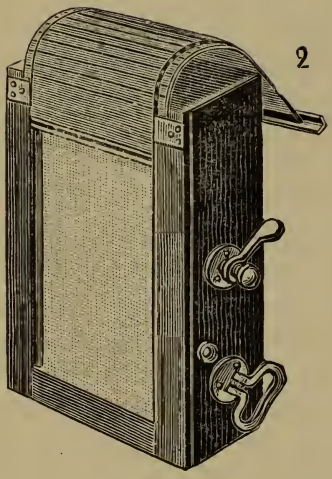


Fig. 75.

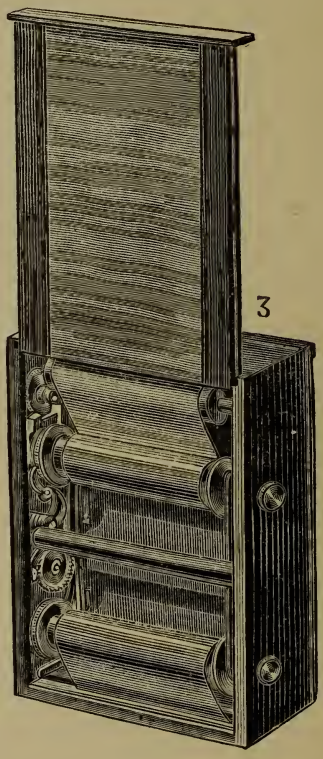


Fig. 76.

ressorts. Ils sont interchangeables et par suite il n'est pas nécessaire de dérouler la pellicule impressionnée pour l'enlever du châssis ; il suffit de retirer le rouleau récepteur qui la porte et de remplacer ce dernier par le rouleau-magasin qui est dévidé. On peut aussi timbrer automatiquement chaque négatif avec un numéro spécial correspondant à celui donné par le marqueur. Ce numéro, visible sur la surface sensible avant qu'elle ait été plongée dans un bain, permet à l'opérateur, grâce aux observations prises pendant la pose, de déter-

miner avec quelque certitude les précautions nécessaires pendant son développement.

Le châssis construit par M. Barrière présente ces divers perfectionnements.

Les figures 74 et 75 représentent ce châssis fermé et ouvert. Comme on le voit sur la figure, l'appareil est muni d'un volet à rideau, dispositif très commode pour éviter toute introduction de lumière par les joints. Pour garnir de pellicule sensible cet appareil,

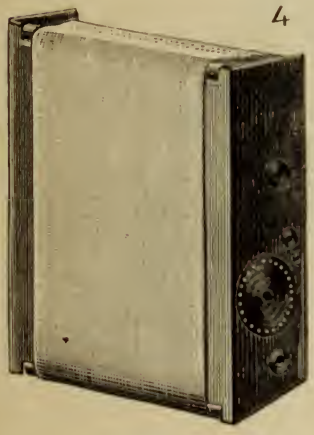


Fig. 77.

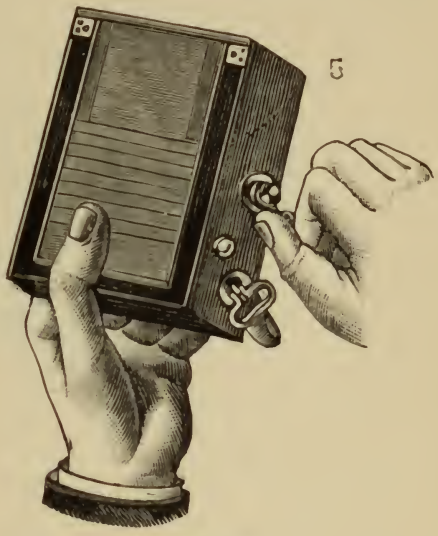


Fig. 78.

on enlève le couvercle de la boîte et l'on dévisse jusqu'à arrêt les deux vis qu'on aperçoit sur le côté de la boîte (*fig. 76*); on tire alors extérieurement jusqu'à arrêt la *manette* du rouleau récepteur ainsi que la *poussette;* on maintient cette dernière, et l'on peut alors retirer le mécanisme de la boîte qui constitue le châssis, ou bien mettre en place la bobine de pellicule sensible, en ayant soin de placer à l'extérieur la surface sensible (*fig. 77*). On remet le mécanisme dans la boîte-chassis, on ferme le couvercle et l'appareil est prêt à fonctionner. Lorsqu'il s'agit de faire poser un sujet, on presse à fond la poussette (*fig. 78*) en s'assurant que le compteur a avancé d'un numéro, et l'on fait tourner à droite la manette du rouleau récepteur jusqu'à arrêt absolu (*fig. 79*). En effectuant ce dernier mouvement,

il ne faut pas craindre de tourner fortement la manette pour obtenir une tension absolument parfaite de la pellicule. Pour dégager le rouleau récepteur qui porte la surface sensible qu'on a soumis à l'action de la lumière, on n'a qu'à déclencher le cliquet d'arrêt du rochet.

M. Deneux a construit un châssis à rideau très léger permettant l'emploi facile des pellicules.

1134. Appareil pour photographier par éclairage oblique. — Il est dans certains cas difficile de reproduire des fossiles, des médailles, etc., en un mot, des objets qui n'offrent à l'œil que des

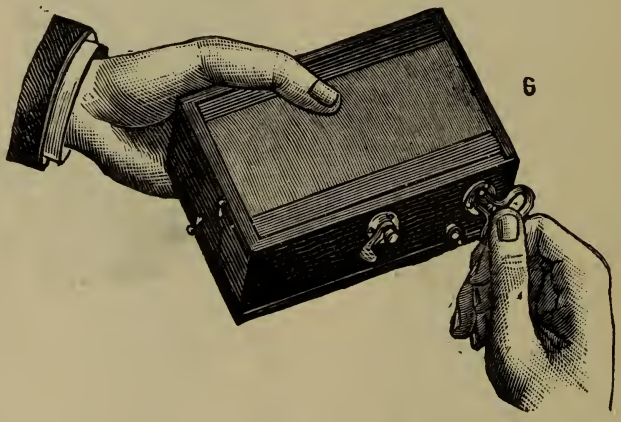


Fig. 79.

saillies et des creux à peine sensibles. M. le Dr Bernard n'éclaire l'objet que d'un seul côté, par des rayons rasant la surface, et supprime totalement toute source lumineuse étrangère [1].

Sur le plateau support d'une chambre noire verticale située à environ trois mètres d'une fenêtre exposée au nord et recevant abondamment la lumière diffuse du ciel, on place une boîte profonde dont le couvercle et l'une des parois sont supprimés. L'intérieur de cette boîte est soigneusement enduit de noir de fumée pour éviter tout effet de réflexion et le côté évidé est dirigé vers la lumière.

L'objet à photographier est placé sur le fond en *c* (*fig. 80*) et orienté de telle façon que la plus grande somme possible des creux de sa surface soit légèrement ombrée. La mise au point étant terminée, on

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 40.

glisse un verre dépoli devant l'objet dans deux rainures ménagées sur le bord libre des parois latérales de la boîte. Dans les mêmes rainures on place un écran opaque, une feuille de bristol noircie ; on fait descendre plus ou moins cet écran, de manière à limiter une petite fenêtre ne dépassant en hauteur la surface à photographier que de quelques centimètres ; on adapte enfin les deux extrémités d'un manchon ou étoffe noire autour de la planchette d'objectif et de l'ori-

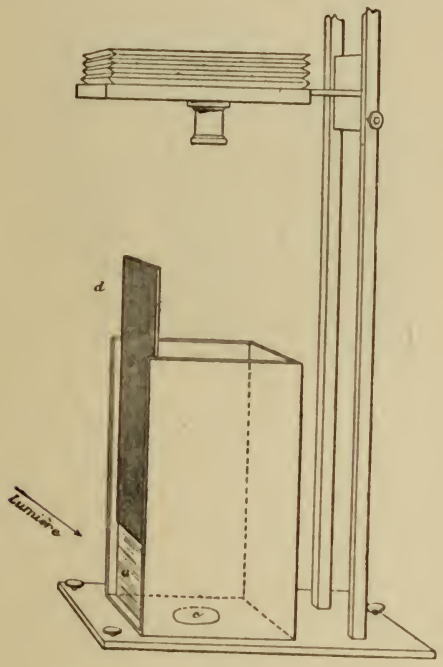


Fig. 80.

fice supérieur, dépourvu de couvercle, de la boîte qui renferme l'objet *c* ; on laisse l'objectif ouvert et l'on démasque la plaque sensible par la simple ouverture du volet du châssis. Les quelques trépidations occasionnées par ce mouvement ne laissent aucune trace sur l'image.

Dans ce cas particulier, on emploie des plaques recouvertes d'émulsion peu sensible, telles que les plaques Lumière, étiquette rouge ; le temps de pose est toujours un peu long.

1135. Appareils pour agrandissement et reproduction des négatifs. — Lorsqu'il s'agit de reproduire des négatifs, soit pour les agrandir, soit pour en obtenir une copie de grandeur égale, on se servira avec avantage de l'appareil combiné par M. Pusset[1], appareil qui peut se fixer sur toutes les chambres noires. Il se compose (*fig. 81*) d'une crémaillère de mise au point, se mouvant horizontalement dans une coulisse à pignon, immobilisée par une applique en métal vissée sur la chambre noire. B est une crémaillère de mise en place se mouvant verticalement dans une coulisse à pignon,

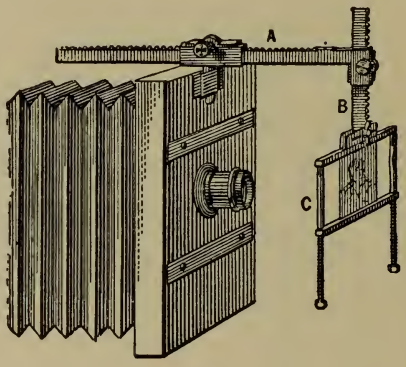


Fig. 81.

fixée à angle droit sur la crémaillère A. Le porte-négatif C permet de placer automatiquement tous les verres intermédiaires depuis le format $0^m04 \times 0^m04$ jusqu'à $0^m09 \times 0^m12$. Il est assujetti sur la crémaillère B par un écrou sur lequel il pivote de manière à redresser ainsi, à l'agrandissement, les négatifs dont les lignes droites ne sont pas parallèles aux marges de l'épreuve. Il est bon d'envelopper tout l'appareil avec un voile noir, afin de ne laisser arriver sur l'objectif que la lumière qui a traversé le phototype sur verre.

Pour obtenir le même résultat, M. Mendozza et plusieurs autres constructeurs fixent à l'avant d'une chambre noire ordinaire une sorte de chariot sur lequel se meut un cadre (*fig. 82*) dans lequel on place le négatif à reproduire. Au moment d'opérer, on recouvre d'un voile noir l'espace compris entre le cadre antérieur de la chambre noire et le négatif comme dans les appareils précédents.

Au lieu d'employer la lumière du jour pour obtenir ces sortes de

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 95.

reproduction, MM. Merville et Lansiaux utilisent la lumière produite par la combustion du magnésium. Ils placent le négatif dans une boîte prismatique placée en avant de l'objectif, de telle sorte qu'ils opèrent en réalité avec une chambre à trois corps (**104**) dont la partie antérieure est à tiroir. L'emploi de l'éclair magnésique permet d'éviter les vibrations nuisibles à la netteté de l'image; on peut aussi

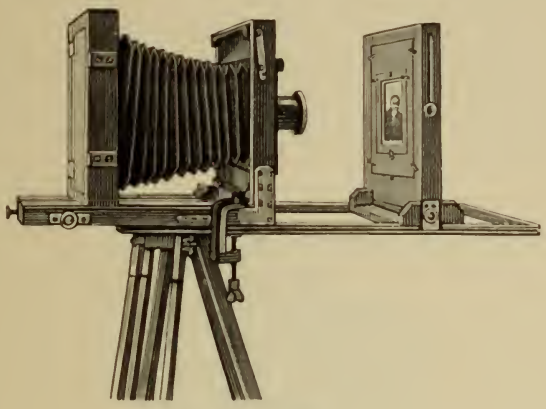


Fig. 82.

opérer pendant la nuit et déterminer très exactement la quantité de magnésium nécessaire à la production d'une bonne image.

§ 5. — CHAMBRES NOIRES A MAIN.

1136. Chambres pliantes. — On a construit dans ces dernières années un très grand nombre de modèles de chambres noires permettant d'opérer sans fixer l'instrument sur un pied. On peut diviser ces sortes d'appareils en deux grandes catégories : les *chambres pliantes* que l'on utilise en se servant de châssis à plaques, châssis négatifs semblables à ceux que l'on utilise avec les autres appareils, et *chambres* à magasin, ainsi nommées parce qu'elles renferment une certaine quantité de plaques sensibles permettant d'obtenir une série d'images instantanées.

L'un des types de chambre pliante le plus répandu est la chambre construite par M. Darlot : elle permet d'obtenir des images de $0^m13 \times 0^m18$, elle est munie d'une planchette pouvant être élevée ou abaissée et sur laquelle est fixé un objectif aplanétique muni d'un obturateur et d'un diaphragme rotatif; une hausse spéciale permet de modifier la mise au point de l'appareil d'après la distance du sujet à photographier.

Ce modèle de chambre noire (*fig. 83*), actuellement construit par presque

tous les ébénistes, ne diffère pas en réalité du scénographe du Dr Candèze ou du stéréographe de Plücker (**110**); ce modèle a été adopté depuis longtemps par beaucoup de constructeurs. En se servant d'aluminium pour la construction de cette chambre noire, MM. Gillon et Ducom sont parvenus à réduire très notablement le poids de cette appareil. La chambre noire du modèle $0^m09 \times 0^m12$ n'a que 0^m02 d'épaisseur et 0^m11 de largeur; elle pèse à peine 200 grammes. Pour le format $0^m13 \times 0^m18$ le poids de l'appareil est d'environ 300 grammes. M. Gillon a tout récemment perfectionné ce dernier modèle, et ce qui caractérise cette chambre est la facilité avec laquelle on peut l'adapter à tout objectif que peut choisir l'opérateur, qui reste, par conséquent, maître de varier ses objectifs à son gré et suivant ses besoins; elle se prête, en effet, à des tirages variables entre 0^m10 et 0^m28, ce qui permet de l'utiliser pour le stéréoscope. Lorsque le tirage voulu pour un objectif a été déterminé et les écrous serrés, la chambre peut être repliée et fermée sans que cette mise au point soit dérangée; elle subsiste jusqu'à ce que l'on change l'objectif. Les points de repère peuvent être établis pour ces différentes longueurs focales, et l'on n'a qu'à s'y reporter pour donner tout de suite à la chambre le tirage qui convient à l'objectif correspondant. Quant à la variation nécessaire pour la mise au point de sujets plus ou moins rapprochés, elle s'effectue également d'une manière très facile par un écartement repéré du chariot portant l'objectif; on ramène ensuite à volonté le chariot à la longueur focale principale qui est fixée par un butoir. Cette chambre est très simple, légère et d'un petit volume; elle porte une alidade permettant de viser le sujet à photographier.

Fig. 83.

Les châssis doubles à rideaux offrent cette particularité que les taquets ordinairement employés pour retenir les glaces sont remplacés par une lame dont une petite partie est repliée en dedans, en retour d'équerre. Une vis extérieure fait descendre ou remonter cette lame qui vient s'appliquer à cheval sur le bord de la glace, la pousse dans la feuillure inférieure et l'immobilise dans sa position [1].

M. Brichault emploie un autre dispositif: il rend mobile, suivant l'axe de l'objectif, la planchette qui porte celui-ci de manière à permettre la mise au point. Dans ce but, deux crémaillères munies de vis de serrage permettent

1. Davanne, *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 385.

d'éloigner ou de rapprocher de la glace dépolie la planchette porte-objectif : on arrive ainsi à obtenir une mise au point très précise. Ce dispositif remplace jusqu'à un certain point la bascule. L'appareil est livré avec des châssis à rideaux : c'est le modèle de châssis le plus commode (malgré son volume) pour tous les appareils à main. Grâce au châssis à rideau bien construit, on peut éviter toute introduction de lumière dans l'appareil et obtenir ainsi des images exemptes de voile.

MM. Français, Martin, Audouin, Enjalbert, etc., construisent des chambres à main assez semblables aux précédentes et remarquables par le peu de volume qu'elles occupent. M. Enjalbert[1] dissimule complétement la chambre noire photographique dans une sorte de caisse en bois à laquelle il donne le nom de *coffret :* rien de saillant ne laisse supposer la présence de l'appareil ; ce n'est qu'au moment de la pose qu'on enlève le volet à coulisse qui masque l'objectif. Le volet du châssis se manœuvre de l'extérieur ; le fond de cette boîte-coffret n'existe pas ; il est donc facile de changer le châssis, mettre au point, etc.

MM. Dehors et Deslandres[2], au lieu d'employer un soufflet en toile ou en peau pour la construction de la chambre noire à main, font développer et replier cette chambre noire par un mécanisme semblable à celui qui est employé pour les chapeaux mécaniques ; aussi les constructeurs lui ont donné le nom de *Photo-gibus.*

Dans ces derniers temps, M. Darlot[3] a modifié la monture des objectifs qu'il place sur les chambres à main : le tube portant les lentilles se meut à frottement doux dans un autre tube qui est fixé sur la rondelle ; le premier tube porte d'un côté, sur sa longueur, des points de repère pour une distance de 10 mètres, 8 mètres, 5 mètres et 3 mètres ; du côté opposé, un coup de peigne sur le tour a donné une série de traits ou sillons assez rapprochés. Un déclic a ressort, dont la pointe entre dans un de ces sillons, fixe la position de l'objectif ; le ressort est sous le doigt de l'opérateur lorsque celui-ci tient la chambre, ce qui permet de faire varier immédiatement le tirage d'après la distance appréciée et de faire jouer aussitôt l'obturateur. La manœuvre s'effectue donc très rapidement.

1137. Chambres à magasin. — M. Lanciaux[4] a désigné sous le nom de chambre *photo-express* une chambre noire à l'arrière de laquelle se trouve un premier réservoir contenant douze petits châssis métalliques de 0^m065 sur 0^m09 qui, poussés par un ressort, viennent d'eux-mêmes successivement se placer au foyer de l'objectif ; au-dessous de ce premier réservoir s'en trouve un second destiné à recevoir les plaques au fur et à mesure qu'elles ont été impressionnées par la lumière. Ce magasin sert en même temps de poignée pour diriger l'appareil à la façon d'un revolver.

Le Dr Krugener a fait construire sous le nom de *Photo-carnet* un appareil présentant la forme d'un livre et permettant d'obtenir une série d'images instantanées[5]. M. Massange a établi sous le nom de *Photo-livre*

1. *La Photographie française*, 1891, p. 123. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 192. — 3. *Ibid.*, 1892, p. 385. — 4. *Moniteur de la photographie*, 1889, p. 34. — 5. *Aide-Mémoire de photographie pour* 1889, p. 103.

un appareil du même genre, mais qui présente plusieurs modifications ; elles sont relatives : 1° au système de déclenchement, déclenchement qui s'effectue sans que le sujet s'en aperçoive; 2° au rateau d'entraînement du châssis, dont la marche parallèle est absolument assurée et la puissance augmentée; 3° au format des plaques, qui est porté à $0^m05 \times 0^m07$; 4° au dos du livre avec titre approprié et très voyant qui, attirant d'abord l'attention, empêche de remarquer l'ouverture de l'objectif; 5° à l'emploi de verres d'épaisseur quelconque, toutes les plaques du commerce pouvant être employées [1].

M. Bloch a imaginé un appareil photographique ayant la forme d'une cravate longue munie d'une épingle. L'épingle est un objectif et la cravate

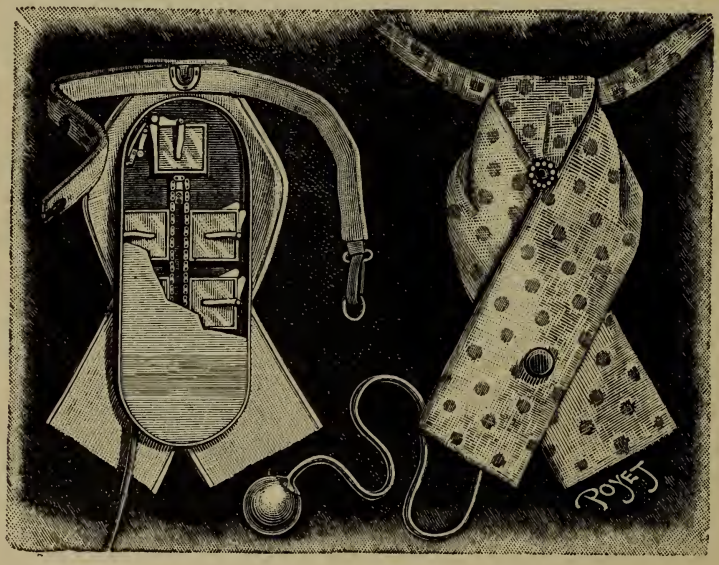


Fig. 84.

longue une chambre noire métallique très plate et très légère devant être cachée sous le gilet. L'appareil n'est guère plus épais qu'une cravate longue ordinaire appelée *plastron* par les chemisiers. La chambre noire (*fig. 84*) qui contient les plaques n'a pas plus de 0^m005 d'épaisseur. Les six petits châssis viennent se placer devant l'objectif à l'aide d'une chaîne sans fin que l'on manœuvre au moyen d'un bouton introduit au préalable dans la boutonnière de l'opérateur. Pour ouvrir l'objectif, on presse une poire de caoutchouc, logée dans une poche du vêtement; un tube de caoutchouc passe sous le gilet et permet d'actionner l'obturateur. Les images obtenues à l'aide de cet appareil ont 0^m02 de côté.

M. Fleury-Hermagis a construit, sur les indications de MM. Ricard et

1. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1889, p. 69.

Lacroix, un appareil à magasin, qui est l'un des meilleurs modèles existant actuellement[1]. Douze plaques (ou vingt-cinq pellicules) sont placées verticalement l'une derrière l'autre (*fig. 85*); après avoir subi l'action de la lumière, chaque surface sensible tombe d'une manière automatique au fond

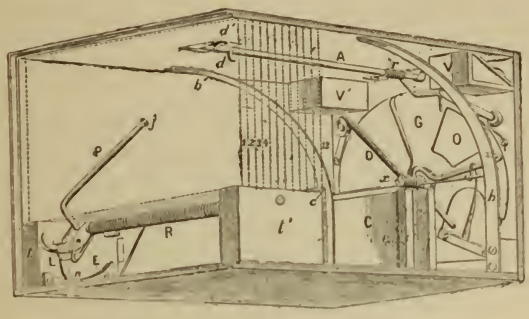


Fig. 85.

de la chambre noire. L'organe essentiel du changement automatique des plaques est une ancre A dont chaque oscillation à gauche amène l'échappement de la dent antérieure *d* qui retenait la plaque n° 1, en sorte que celle-ci n'étant plus soutenue par en haut, bascule et tombe à plat, tandis

Fig. 86.

que la dent postérieure *d* retient la plaque n° 2 et les suivantes. Celles-ci sont amenées dans le plan focal principal de l'objectif par le propulseur qu'un cliquet à bascule et à rochet LE empêche de céder sous le poids des plaques.

Une combinaison très simple permet, à l'aide d'une clef de manœuvre placée au-dessous de l'objectif : 1° de changer la plaque qui vient de poser;

1. *La Photographie française*, juillet 1891.

2° d'armer en même temps l'obturateur G pour la pose suivante; 3° de caler solidement, au moyen de la cale C, les plaques qui ont déjà posé, quand on veut opérer dans le sens de la hauteur.

Deux viseurs, V et V' permettent de suivre le sujet à photographier. Une éclipse à l'obturateur rend inutile l'emploi du bouchon destiné à fermer l'objectif. Le tirage s'obtient au moyen d'un coulant héliçoïdal de l'objectif sur lequel sont gravés des repères très distincts pour toutes distances de 2 mètres à l'infini. L'objectif est muni d'un iris-diaphragme. Un compteur N indique le nombre de plaques encore non exposées, un tendeur T règle la vitesse, et la détente B produit le déclenchement. Cet appareil (*fig. 86*), appelé *Vélocigraphe*, permet d'exécuter au besoin deux épreuves dans la même seconde. On peut le charger et le décharger très rapidement, même dans l'obscurité. Il suffit de rabattre le propulseur P

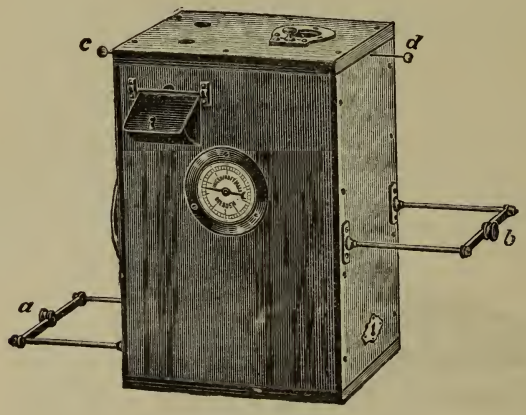


Fig. 87.

dans la position représentée et d'introduire la main dans l'appareil pour en retirer toutes les plaques d'un seul coup ou pour en remettre de nouvelles. Cette opération peut se faire au dehors à l'aide d'un sac à manchettes. Le vélocigraphe se construit pour les dimensions de plaques $0^m09 \times 0^m12$, ou $0^m09 \times 0^m13$ et $0^m13 \times 0^m18$.

MM. Lumière ont construit une chambre à magasin et châssis contenant chacun une glace maintenue en place par un petit crochet. Ces châssis sont poussés en avant par un fort ressort à boudin; leur marche est guidée par de petites tiges posées à leurs extrémités; tour à tour, en suivant une rainure, ces tiges viennent se placer dans une encoche d'une rondelle. La plaque correspondante se trouve alors prête pour la pose. Après chaque pose, on imprime un mouvement de rotation à la rondelle à encoche, et la plaque impressionnée, guidée toujours par les rainures, bascule et vient se placer horizontalement dans le fond de l'appareil pendant que la plaque suivante vient prendre sa place. Dans un tiroir on peut serrer l'objectif, le viseur, les diaphragmes et un petit cordon qui, placé autour du cou, permet à l'opérateur de maintenir commodément tout l'appareil.

On a constaté que les châssis métalliques altèrent quelquefois les plaques sensibles. M. le Dr A. Charpentier[1] supprime ces châssis, superpose l'une à l'autre dix-huit plaques à l'arrière de la chambre noire, dans un casier spécial muni d'une rainure permettant l'introduction de la glace dans la chambre noire. La plaque est alors saisie par une planchette à feuillures qui vient la mettre à la place convenable pour la pose.

MM. Unger et Hoffmann[2] ont fait construire une chambre à main pouvant

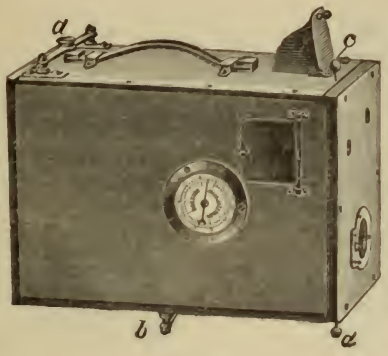


Fig. 88.

contenir cinquante plaques du format $0^{m}06 \times 0^{m}09$. Ces plaques peuvent être amenées successivement derrière l'objectif par un mécanisme spécial d'escamotage. Les châssis sont disposés en deux piles de vingt-cinq à la partie postérieure de la chambre. Ces deux piles étant séparées par une cloison, la transposition des plaques s'opère en tirant les cadres *a* et *b* (*fig. 87*) et en les repoussant ensuite à fond. Par suite de ce double mouve-

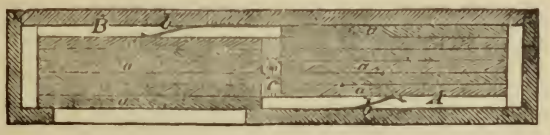


Fig. 89.

ment, la plaque supérieure du compartiment de droite, qui vient d'être impressionnée, passe dans le compartiment de gauche, tandis que la plaque inférieure de la pile de gauche est chassée dans le compartiment de droite.

L'appareil est muni d'un compteur numéroté de 1 à 50, qui indique chaque changement de plaque. L'obturateur s'arme à l'aide d'une tirette *d* (*fig. 88*) et se détend au moyen de deux boutons de pression dont l'un est employé pour la pose et l'autre pour l'instantanéité. Cette chambre possède

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 275. — 2. *Ibid.*, 1891, p. 68.

un système de mise au point composé d'un bouton à index qui, se déplaçant sur une coulisse graduée, entraîne avec lui l'objectif.

La chambre à main combinée par M. Fichtner[1] contient douze plaques disposées à la partie postérieure en deux piles de six (*fig. 89*). Ces piles sont séparées par une cloison qui forme deux compartiments A et B. Le compartiment B se trouvant en face de l'objectif, il est clair que c'est la première plaque qu'il contient qui se trouve d'abord impressionnée. Pour

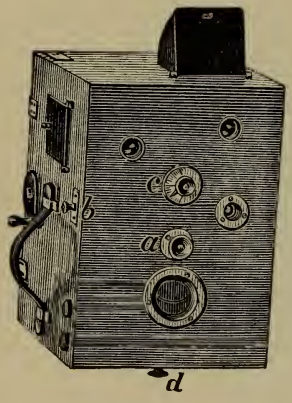


Fig. 90.

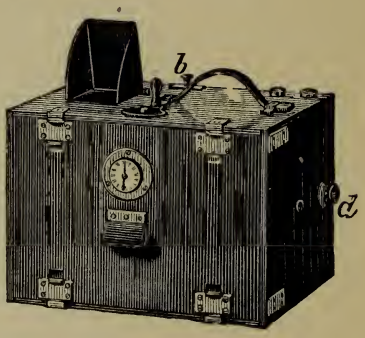


Fig. 91.

faire passer cette plaque dans le compartiment A et en amener une autre dans le compartiment B, on fait tourner à gauche une manivelle qui se trouve sur le côté de la chambre, près de la poignée (*fig. 90 et 91*). Cette manivelle étant fixée sur l'arbre *c* (*fig. 92*) fait tourner ce dernier avec le pignon denté *d*, qui produit le déplacement parallèle des deux crémaillères

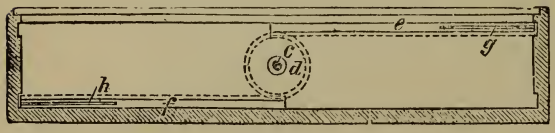


Fig. 92.

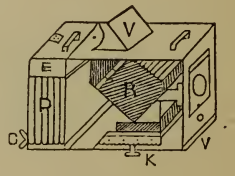


Fig. 93.

e et *f*. La crémaillère *f* amène par son crochet *h* la plaque impressionnée dans le compartiment A, pendant que la crémaillère *e* pousse par son crochet *g* une autre plaque du compartiment A dans le compartiment B. Il suffit de faire ensuite tourner la manivelle en sens inverse pour ramener les crémaillères en place. Les crochets *g* et *h* étant à ressorts viennent se mettre en prise avec de nouvelles plaques. Le couvercle de fond est muni d'un compteur qui fonctionne à chaque déplacement de plaque.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 96.

Dans la chambre-magasin de M. Van Neck, l'obturateur est constitué *fig. 93*) par une glace étamée qui envoie l'image sur la glace dépolie servant de viseur, comme dans l'appareil de Londe et Dessoudeix (**111**).

La maison Lechner, de Vienne, a construit une petite chambre noire qui peut s'adapter aux divers modèles de fusils de chasse[1]. Cette chambre se compose d'une boîte très légère en aluminium qui contient la bobine porte-pellicule, l'objectif et l'obturateur. Elle s'adapte à l'arme au-dessous du

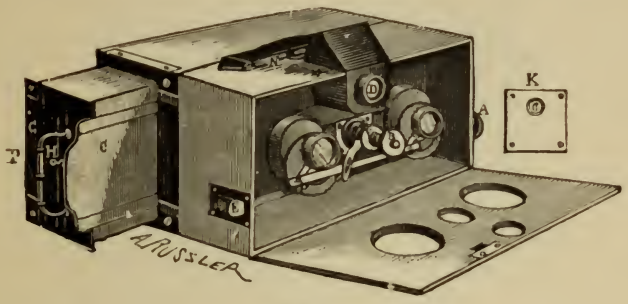


Fig 94.

canon au moyen d'un dispositif qui permet d'en munir les fusils de chasse de tous systèmes. Une tringle relie l'obturateur avec la gâchette ou la goupille percutrice. Au moment où le chien frappe cette dernière, la tringle poussée en avant démasque la pellicule et ouvre l'obturateur. L'image circulaire obtenue instantanément montre le but visé dans la position précise

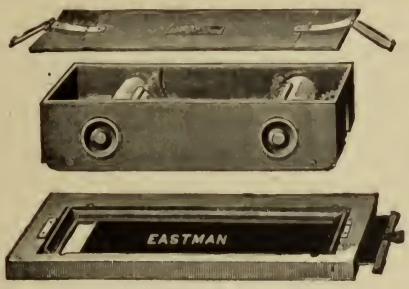


Fig. 95.

qu'il occupait au moment du tir. Si l'on applique un réticule sur l'épreuve et que le point de rencontre des fils du réticule coïncide avec l'objet visé, on a la preuve que le tir était bon; dans le cas contraire, la position ou l'absence du but révèle l'écartement du coup.

M. Hanau a construit une chambre stéréoscopique (*fig. 94*) avec boîte-magasin de plaques. Le changement de ces plaques s'effectue comme dans l'appareil désigné sous le nom d'*Omnigraphe* (**111**).

1. *Paris-Photographe*, 1891, p. 325.

1138. Les Kodaks. — La Compagnie Eastman, dont les châssis à rouleaux (*fig. 95*) sont universellement employés, a modifié, en la perfectionnant, la construction des appareils à main qu'elle livre sous le nom de Kodaks. Les instruments des plus petits formats ont été simplifiés, ce qui a permis de les livrer à un prix plus réduit. Le Kodak nº 2 (*fig. 96*) est muni d'un viseur et l'objectif possède une série de diaphragmes. Le nº 3 est

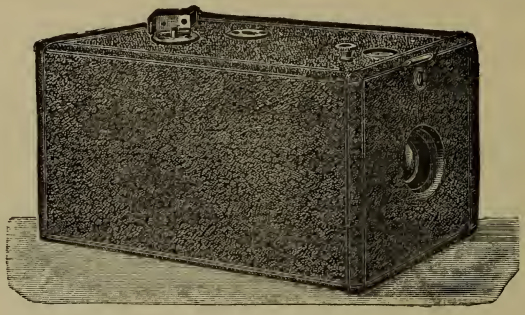


Fig. 96.

un appareil très court, dont la bobine contient de quoi faire soixante négatifs et une vis de réglage permettant de mettre l'appareil au point à toutes distances (*fig. 96*); mais cette mise au point s'effectue très facilement si l'on emploie les kodaks nºs 4 et 5 *folding* (*fig. 97 et 98*). Ce dernier appareil replié occupe très peu de place, car le soufflet de la chambre se renferme à l'intérieur; la base se rabat de telle sorte que le volume est alors fort

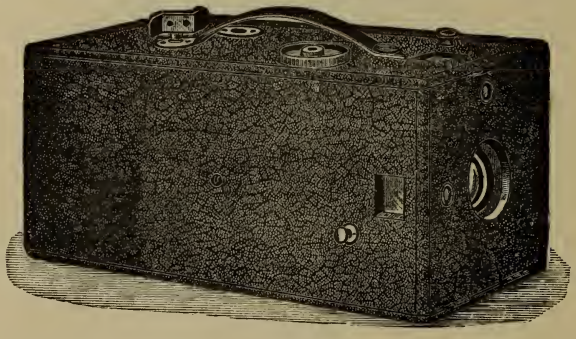


Fig. 97.

réduit. Un index placé sur la base de la chambre permet de faire très rapidement la mise au point; le viseur permet d'observer le sujet soit qu'on veuille photographier en hauteur ou en largeur; enfin, l'appareil peut, grâce à un écrou, être placé sur un pied de campagne.

Dans ces derniers temps, la Compagnie Eastman a modifié cet appareil de manière à ce que l'on puisse employer soit des pellicules avec le châssis

à rouleau, soit des glaces en utilisant les châssis négatifs (*fig. 99*). Dans ces conditions, le poids et le volume de l'appareil sont fort réduits, et toutes les manipulations s'effectuent comme à l'ordinaire.

1139. Viseurs pour chambres noires. — Le viseur à double effet de MM. Londe et Dessoudeix permet de viser à volonté soit verticalement, soit horizontalement. Il se compose d'une boîte cubique en métal oxydé portant à l'avant une lentille ; à l'arrière et sur le dessus se trouvent deux verres dépolis sur lesquels l'image peut venir se former : un miroir mobile placé à l'intérieur de la boîte est incliné à 45° sur l'axe de la lentille ou bien relevé complètement vers le verre dépoli supérieur. Dans ce cas, l'image se fait sur le verre dépoli postérieur et l'appareil fonctionne comme viseur horizontal. Si le miroir est placé à 45°, l'image est renvoyée sur le verre dépoli supérieur et l'on a ainsi un viseur vertical.

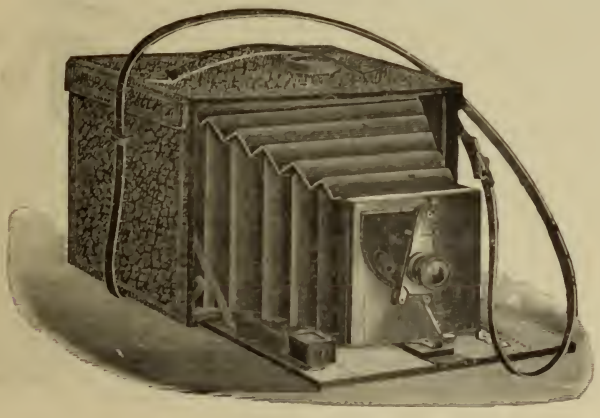


Fig. 98.

Ce viseur est destiné à être employé sans voile ; il est donc nécessaire d'abriter les verres dépolis de la plus grande somme possible de lumière extérieure afin d'examiner facilement l'image. Ce résultat est obtenu au moyen d'une partie métallique qui sert en quelque sorte d'abat-jour. Lorsqu'on veut viser verticalement, il suffit de soulever cette partie qui vient démasquer et abriter le verre dépoli ; si l'on veut viser horizontalement, on rabat cette partie et on la tire en arrière : elle vient alors protéger le verre dépoli postérieur pour les visées horizontales[1]. Le simple déplacement de cette pièce provoque le mouvement du miroir dans un sens ou dans l'autre.

Les viseurs généralement employés sont constitués par de petites chambres noires et l'on regarde *de haut* l'image qui se forme sur la petite glace dépolie de ces chambres noires. M. Davanne[2] a fait observer que ce mode d'opérer n'est pas correct, parce qu'en appuyant la chambre contre la poi-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 293. — 2. *Ibid.*, 1892, p. 386.

trine ou l'estomac on obtient l'image du sujet tel qu'on le verrait en s'agenouillant. Aux viseurs ordinaires il convient de substituer une sorte d'alidade semblable à celle que Bertsch plaçait sur ses chambres noires (**820**). Cette alidade est formée de deux plaques métalliques se relevant parallèlement, à charnières et à ressorts, et se trouvant alors écartées de quelques centimètres l'une de l'autre. La plaque d'avant n'est en réalité qu'un cadre métallique dont les côtés sont proportionnels à ceux des glaces sensibles employées. On voit, dans ce cadre à jour, le sujet lui-même que l'on veut

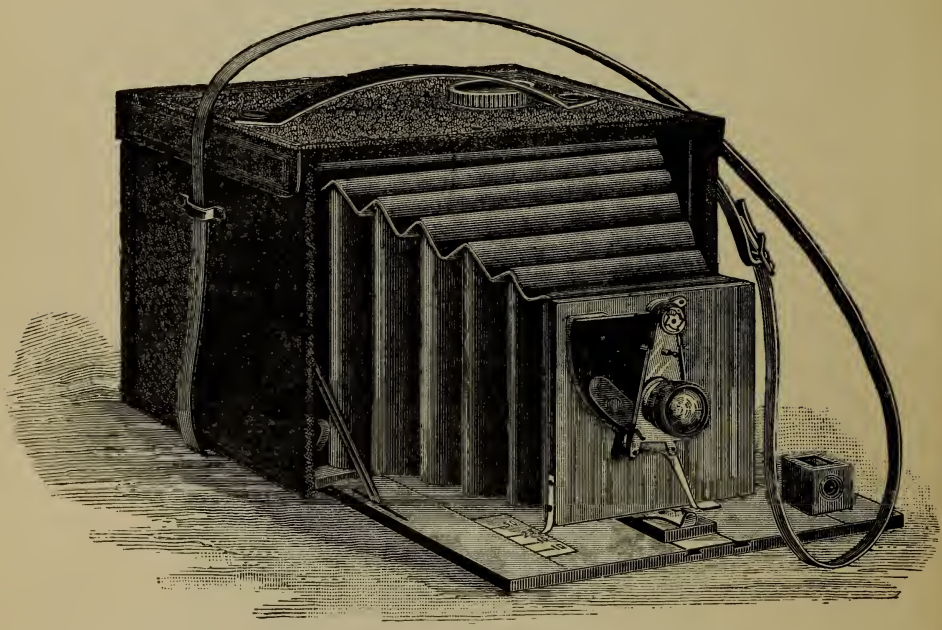


Fig. 99.

photographier en regardant par le trou de quelques millimètres qui est percé au centre de la seconde plaque; l'ouverture du cadre et l'écart entre les deux plaques sont réglés approximativement d'après le rapport entre la dimension des plaques et la longueur focale de l'objectif. Cette alidade est fixée sur la chambre à la place du chercheur ordinaire. Pour l'emploi, au lieu de placer la chambre noire contre soi, comme on le fait le plus souvent, on l'élève à la hauteur de l'œil, de telle sorte que l'ouverture de l'alidade soit tout proche de celui-ci, et l'on vise ainsi comme avec un fusil; la mise en place se fait en quelque sorte instinctivement, puisqu'on voit et qu'on suit le sujet lui-même. Lorsqu'il est bien dans son cadre, on fait jouer l'obturateur; on a ainsi l'image telle que les yeux voient le modèle.

§ 5. — ACCESSOIRES DIVERS

1140. Boîtes à rainures. — Les boîtes à rainures dans lesquelles on enferme les plaques sensibles présentent l'inconvénient d'être assez volumineuses, à cause de l'épaisseur des rainures en bois

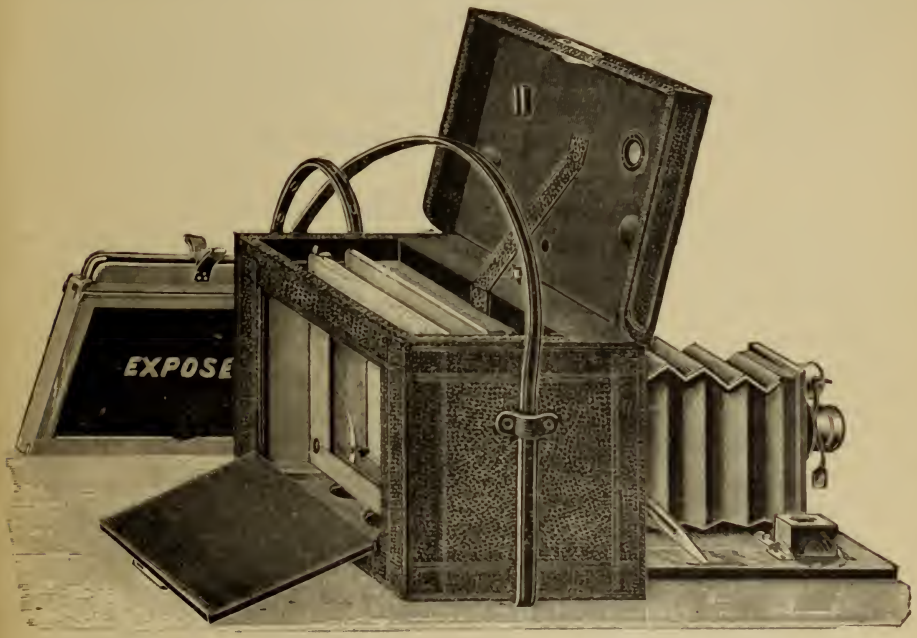


Fig. 100.

qui séparent les glaces l'une de l'autre. Au lieu d'employer le bois pour la confection de ces boîtes, M. Montel se sert de lames métalliques; la boîte ainsi construite est d'un volume très restreint, puisque pour douze plaques de petit format son épaisseur est seulement de 0m05. Le couvercle, à triple recouvrement, préserve l'intérieur de la boîte des atteintes de la lumière, même par une exposition prolongée au soleil. La fermeture ordinaire consiste en un simple bracelet de caoutchouc; mais il est possible d'adapter un cadenas à clef à la courroie qui réunit le couvercle à la boîte. M. Montel construit aussi séparément des rainures pour boîtes à glaces; ce sont de minces

feuilles de fer-blanc repliées sur elles-mêmes et pouvant se fixer dans l'intérieur des boîtes en bois ordinaire. On peut ainsi réduire le volume de la boîte, ce qui est avantageux lorsqu'il s'agit d'expédier des plaques ayant subi l'action de la lumière, ou bien des négatifs complètement terminés. Dans ce dernier cas, les rainures sont inutiles. On place une feuille de papier mince entre chaque plaque, puis on les réunit en un seul paquet serré fortement par du papier; on prend une boîte un peu plus grande dans chaque sens que les négatifs, on met au fond une couche de papier froissé ou de crin végétal, on place les négatifs dans la boîte, on met par-dessus du crin végétal ou du papier froissé et on ferme le couvercle. Le papier forme ressort et empêche le verre d'être brisé par les chocs survenant en cours de route[1].

1141. Éclairage du cabinet noir. — L'éclairage des laboratoires dans lesquels on effectue les opérations photographiques doit réaliser certaines conditions. Quelle que soit la couleur de la lumière employée pour l'éclairage, cette lumière est très fatigante pour les yeux. Il faut que la plaque à traiter puisse être seule éclairée, et que la figure et surtout les yeux de l'opérateur se trouvent dans l'ombre.

On emploie en général la lumière qui passe au travers un ou deux verres rouges de couleur foncée; ces verres sont le plus souvent des verres plaqués ou émaillés, c'est-à-dire recouverts d'une mince couche de fondant rouge. Depuis quelque temps on trouve dans le commerce du verre rouge dans toute son épaisseur. On l'obtient en faisant fondre au creuset ouvert les substances suivantes : sable fin, 1,000 grammes; minium, 200 grammes; carbonate de potasse, 300 grammes; chaux, 50 grammes; phosphate de chaux, 10 grammes; crème de tartre, 10 grammes; borax, 10 grammes; oxyde de cuivre, 4gr5; bioxyde d'étain, 6gr5. Par une seule fusion, on obtient ainsi un verre rouge transparent, permettant de fabriquer directement les divers ustensiles de verre, sans qu'il soit nécessaire d'opérer un second chauffage en vue d'intensifier la couleur.

Au lieu d'employer la lumière rouge seule, on peut se servir d'un verre vert que l'on place devant le verre rouge, dans l'intérieur du laboratoire. On peut aussi, comme l'a conseillé Brandshaw[2], placer à

1. *British Journal of Photography*, 1891, p. 307. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1883, p. 89.

l'extérieur de la fenêtre du laboratoire un verre dépoli, contre celui-ci un verre orangé foncé et enfin un verre vert; on obtient ainsi une lumière de teinte spéciale, ne fatigant pas la vue dans le laboratoire. Cette lumière n'a d'ailleurs qu'une très faible action sur les plaques, action qui peut être considérée comme nulle si les opérations se font rapidement.

M. le capitaine Abney a constaté que s'il faut 3,500 unités de lumière rouge pour rendre visible un objet, il ne faut que 1,000 unités de lumière orange, 600 de lumière jaune, 105 de lumière verte, 5 de lumière bleue et 20 de lumière violette. C'est ainsi qu'on peut expli-

Fig. 101.

quer l'avantage de la lumière jaune ou même verte pour l'éclairage du laboratoire.

Parmi les diverses sources de lumière artificielle que l'on peut employer pour l'éclairage du laboratoire, l'une des plus pratiques consiste à utiliser la lumière électrique, qui développe peu de chaleur et n'émet ni gaz malsain ni odeur désagréable. M. Radiguet a construit une lampe à laquelle il a donné le nom d'électro-photophore. Cette lampe (*fig. 101*) se compose d'un bocal en verre contenant une solution de bichromate de potasse. On place dans ce récipient trois vases également en verre, à fond perforé, dans lesquels plongent, lorsqu'on le veut, des zincs et des charbons, de façon qu'on a ainsi, sous un très petit volume, trois éléments montés en tension. Ces zincs et ces charbons sont soutenus par une triple attache qui glisse à frottement le long d'une tige centrale, de sorte qu'il suffit de l'abaisser ou de la soulever pour les plonger dans la solution de bichromate ou les en retirer, et par conséquent pour allumer ou éteindre une petite lampe

à incandescence de la puissance d'une bougie. Cette lampe est renfermée dans un réflecteur parabolique qui peut tourner autour de la tige centrale et prendre toutes les inclinaisons, ce qui permet de diriger la lumière dans telle direction qu'on juge à propos. L'appareil ainsi construit peut servir pour s'éclairer dans tous les endroits où il peut être dangereux de faire pénétrer un corps enflammé. Pour l'usage photographique, on adapte sur le devant du réflecteur une lunette munie d'un verre rouge ; on obtient ainsi un éclairage convenable, sans chaleur et sans odeur, ce qui n'est pas chose à dédaigner, surtout quand le laboratoire est de petite dimension. Deux bornes

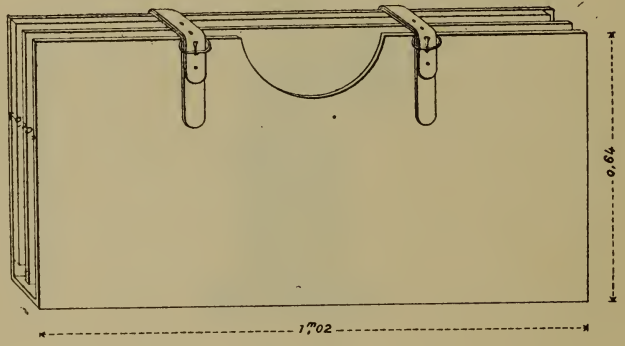


Fig. 102.

permettent, si un accident est arrivé aux piles de l'appareil, de l'utiliser avec une pile extérieure.

La lampe donnant un éclairage monochromatique produit par la flamme du sodium a été employée par Bardy, Riche et A. Girard[1], et recommandée par Stein[2]. Gœdike a modifié avantageusement cette lampe en remplaçant le support de platine par des anneaux en fil de fer, ayant une durée de cent à cent quarante heures. Lorsqu'un anneau est hors de service, on le remplace par un autre. La flamme de la lampe est entourée d'un verre jaune. Cette lumière permet de supprimer totalement l'emploi du verre rouge ; elle est, d'après Gœdike[3], absolument sans action sur les plaques les plus sensibles.

Decoudun a utilisé pour l'éclairage du laboratoire la paraffine

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1875, p. 76. — 2. *Das Licht*, 1877, p. 96. — 3. *Phot. Mittheilungen*, 1889, n° 388.

fondue. L'emploi d'une simple bougie (**231**), que l'on trouve partout, est préférable à ce moyen.

1142. Laboratoires portatifs. — M. Dessoudeix[1] a combiné un matériel de développement qui permet, sous un faible volume, d'emporter les divers appareils destinés à faire un petit laboratoire provisoire qui, pour le format $0^m18 \times 0^m24$, présente les dimensions suivantes : longueur, 0^m34; largeur, 0^m26; hauteur, 0^m12. La boîte extérieure en zinc est destinée à servir de réservoir d'eau;

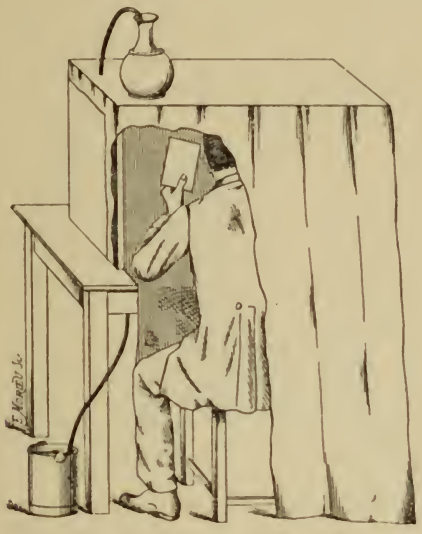


Fig. 103.

elle est munie d'un robinet à sa partie inférieure. Dans cette boîte se trouve une cuve rectangulaire, munie également d'un robinet : c'est un évier dans lequel on recueille toutes les eaux sales. Un tube de caoutchouc adapté sur le robinet vient aboutir dans un récipient quelconque qui se trouve à terre sous la table sur laquelle on travaille. Dans l'évier se place une cuve à laver à rainures mobiles : ce dispositif très avantageux permet de laver des négatifs de formats différents depuis $0^m18 \times 0^m24$ jusqu'au format $0^m08 \times 0^m09$. Dans cette cuve se trouve un vide suffisant pour loger un jeu de six

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 339.

cuvettes en celluloïd. Il suffit d'ajouter à ce matériel une autre caisse contenant la lanterne à verre rouge et les produits; on a ainsi tout ce qu'il faut pour travailler n'importe où assez commodément, pourvu que l'on puisse se placer dans l'obscurité.

Il n'est pas toujours possible d'obtenir en voyage l'obscurité nécessaire aux diverses manipulations photographiques, et, dans ce cas, on utilisera les laboratoires se repliant en portefeuilles ou en boîtes. Ces laboratoires, imaginés par M. Poitrineau, peuvent servir dans les appartements et en voyage ; ils permettent de développer des plaques de toutes grandeurs[1]. Les grands formats (*fig. 102*) présentent les

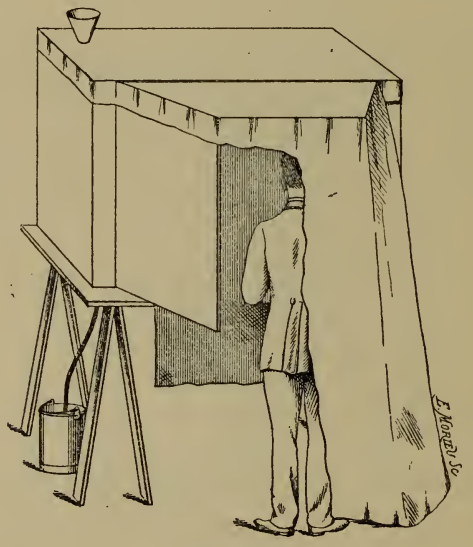


Fig. 104.

dimensions suivantes : $1^m \times 0^m60 \times 0^m50$. Les portes en s'ouvrant à 45°, à l'aide d'une tablette et d'un plafond fermés par un rideau ou voile, permettent à l'opérateur de travailler soit assis (*fig. 103*), quand le laboratoire est posé sur une table ordinaire, soit debout (*fig. 104*), s'il est posé sur deux tréteaux mobiles de 1^m06 de hauteur; l'intérieur est éclairé par deux ou trois ouvertures munies de verres rouges ou d'autres couleurs; des stores ou des rideaux noirs permettent d'intercepter plus ou moins l'arrivée de la lumière. On a sous la

1 *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 233.

main, dans ces boites et casiers mobiles, les cuvettes et les flacons ; ces derniers peuvent renfermer 1 litre de liquide et sont au nombre de neuf. Un réservoir contenant environ 7 litres fonctionne à l'aide d'un robinet, et une cuvette de zinc reçoit les eaux de lavage et les rejette dans un seau placé sous la table ; un couvercle glissant à tiroir couvre et découvre les cuvettes des bains selon le besoin. Tout cet agencement, portefeuille comme matériel, est dressé en trois ou quatre minutes et resserré dans le même laps de temps. Lorsque les casiers, boîtes et cuvettes sont dans la caisse qui les contient, ils sont prêts à voyager sans aucun danger. Le poids de ces appareils est de 14 à 15 kilogrammes.

Pour les épreuves de dimension moyenne ($0^m21 \times 0^m27$ et au-dessous), M. Poitrineau construit un petit laboratoire que l'on peut

Fig. 105.

porter à la main : il est formé par une boîte (*fig. 105*) ayant comme dimension $0^m60 \times 0^m40 \times 0^m11$; dans le couvercle se trouvent trois panneaux qui se développent et forment ainsi le laboratoire ; un voile noir l'entoure et le ferme. Placé sur une table ordinaire, l'opérateur, assis sur un tabouret, a la tête, les bras et le buste dans l'intérieur et est hermétiquement enveloppé par le rideau. Il a à sa disposition deux ou trois flacons contenant les bains principaux, trois cuvettes, un couvercle à tiroir, une cuvette en zinc formant le fond de la boîte pour recevoir les eaux. Une carafe pleine, posée en dehors de l'appareil, permet, à l'aide d'un caoutchouc formant siphon et d'un petit robinet, de laver les épreuves. L'intérieur est éclairé au moyen d'un jour garni d'un verre rouge. Cet appareil, qui peut remplacer un cabinet obscur et que l'on peut à la rigueur installer en plein air, permet de charger et décharger très rapidement les châssis négatifs.

1143. Appareil pour fonds dégradés. — On peut obtenir des négatifs de portraits présentant un fond dégradé, de teinte plus ou moins claire, de telle sorte que l'impression de l'image positive puisse s'effectuer directement sans employer d'artifices spéciaux

pour le tirage. Dans un carré de carton stuqué blanc d'environ $0^m30 \times 0^m40$, on découpe une ouverture ovale de dimension appropriée au format du négatif à obtenir, par exemple $0^m088 \times 0^m06$ pour un portrait-carte, $0^m10 \times 0^m15$ pour un portrait-album. Le pourtour de cette ouverture est découpé en forme de dents de scie. Il faut que ces dents soient plus larges et plus longues dans le bas du dégradateur que dans le haut, où elles doivent être plus fines et moins profondes. On perce le carton de deux petits trous vers les angles du haut de la feuille ; un bout de ficelle est passé dans chaque trou ; chacun d'eux se termine par un anneau qui servira à suspendre le dégradateur à la tige d'un appui-tête. Cet appareil à dégrader est posé devant l'objectif, à une distance de 0^m30 à 0^m40 en avant de la lentille frontale. Les négatifs dégradés, à fond plus ou moins foncé, sont obtenus avec des dégradateurs découpés dans du bristol plus ou moins foncé et en observant que le dégradateur soit plus ou moins éclairé pendant la pose. Pour obtenir les meilleurs résultats, il faut placer un fond blanc, un fond gris ou un fond noir derrière le modèle, suivant que l'on veut faire usage d'un dégradateur blanc, gris ou noir.

L'objectif que l'on emploiera pour produire les négatifs à fond dégradé par ce moyen doit être exempt du défaut connu sous le nom de *tache centrale* (**61**, **1105**). Les négatifs obtenus avec certains objectifs de la forme Petzval ne sont pas brillants ; lorsque l'on se sert de ce moyen pour obtenir un fond dégradé, ils présentent presque toujours un léger voile dans les noirs, ce qui nuit à l'aspect de l'image.

1144. Cuvettes pour opérations photographiques. — On a proposé l'emploi de nouvelles matières pour la confection des cuvettes destinées aux opérations photographiques. Le celluloïd fournit de bons résultats sous le rapport de la légèreté et de la durée. On a depuis peu fabriqué des plaques de celluloïd de couleur blanche qui servent à effectuer le dépouillement des photocopies sur gélatine bichromatée. Les cuvettes en celluloïd que l'on trouve dans le commerce sont de couleurs très variées, de telle sorte que l'on peut réserver celles d'une même coloration à une seule opération, comme développement, fixage, etc. Il faut absolument éviter de placer dans ces cuvettes des liquides contenant de l'alcool, de l'éther et autres matières susceptibles de dissoudre soit le camphre, soit le coton-poudre.

L'aluminium en feuilles minces est employé à la confection des cuvettes ou des cuves à lavages ; la légèreté et la solidité de ce métal sont des qualités fort précieuses et que l'on doit considérer lorsqu'il s'agit de photographie en voyage. Mais l'aluminium est attaqué par les bains révélateurs alcalins, même lorsqu'ils ne sont pas trop concentrés ; on devra donc proscrire l'emploi de ce métal pour la fabrication des cuvettes destinées à renfermer le bain de développement alcalin.

Le nickel est peu attaqué par la plupart des agents employés en photographie, et, en pratique, les cuvettes fabriquées avec ce métal laminé en feuilles minces sont d'un excellent emploi. Il faut éviter soigneusement de placer dans ces cuvettes des acides énergiques, tels que l'acide azotique, les solutions acides de chromate de potasse, etc.

1145. Eclairage artificiel au magnésium. — Il peut arriver quelquefois que la lumière naturelle soit insuffisante pour photographier un sujet ; dans certains cas, cette lumière fait absolument défaut, par exemple lorsqu'il s'agit de photographier des grottes, cavernes, etc. On a généralement recours à la lumière produite par la combustion du magnésium. Ce métal peut brûler à l'air libre ; il brûle rapidement s'il est mélangé à l'état de poudre fine avec certaines substances destinées à lui fournir l'oxygène nécessaire à sa combustion.

L'éclair magnésique produit par les divers procédés connus (**224**) peut avoir des durées extrêmement différentes. Le Dr Eder a déterminé la durée de ces éclairs et s'est servi du dispositif suivant : une sorte de grande roue en bois noirci reçoit, au moyen d'une manivelle, un mouvement de rotation qu'il est facile de maintenir uniforme et de régler, par exemple, à la vitesse d'un tour par seconde ; sur la roue se trouvent deux petites demi-sphères à surfaces bien réfléchissantes, l'une au centre, l'autre à la périphérie. L'appareil étant en marche dans une pièce obscure, on le photographie au moyen de l'éclair magnésique. On obtient sur l'épreuve, au centre de la roue, un point brillant, et sur la circonférence un arc plus ou moins allongé dont l'étendue permet de calculer la durée de l'éclair, puisque l'on connaît la vitesse de rotation de la roue. La poudre de magnésium projetée dans une flamme au moyen des systèmes les plus communément employés donne, pour un poids de métal variant de un quart à un demi-gramme, un éclair dont la durée est comprise entre un treizième et un quart de seconde. L'inflammation par mèche d'un mélange explosif formé de 3 parties de perchlorate de potasse, 3 parties de chlorate de potasse et 4 parties de magnésium, donne, pour un demi-gramme de métal, un éclair dont la durée, beaucoup plus courte, peut descendre jusqu'à un quatre-vingtième de seconde [1].

Londe a vérifié expérimentalement ces résultats et a montré que, dans

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 24.

certains cas, il était indispensable d'employer l'éclair magnésique, par exemple lorsqu'il s'agit d'obtenir un portrait, dans plusieurs applications de la photographie à la médecine, etc. Il a constaté que par l'emploi de diverses lampes il était à peu près impossible d'obtenir une image dans lesquelles les yeux du modèle soient nets, car, chez un sujet normal, la réaction, sous l'influence d'une lumière vive, se traduit par l'occlusion des yeux. Si on cherche à photographier une hystérique, en se servant comme source de lumière d'une lampe brûlant du magnésium pur insufflé dans une flamme d'alcool, la malade est photographiée précisément pendant le passage de l'état de veille à l'état de catalepsie : l'image manque de netteté; au contraire, lorsque l'on se sert de l'éclair magnésique, la malade est saisie dans son attitude naturelle avant qu'elle ait eu le temps de réagir; si l'on fait partir immédiatement un deuxième éclair et que l'on photographie le sujet dans ces conditions, on constate qu'il est en catalepsie.

Pour obtenir une bonne *lumière-éclair*, la poudre de magnésium ne doit pas être mélangée à une trop grande quantité de chlorate ou de nitrate de potasse, car la masse de ces composés ne peut que ralentir la combustion du métal. A l'aide de poudres bien préparées, on peut obtenir des images d'objets en mouvement. On emploie un objectif très lumineux, d'ouverture *f*/4 à *f*/6. S'il s'agit d'obtenir des portraits, il est nécessaire que le local dans lequel on opère soit bien éclairé; cela facilite la mise au point et permet aux personnes photographiées de conserver leur expression naturelle qu'elles perdraient dans l'obscurité. Cet éclairage ne produit pas de voile sur la plaque si on a soin de n'ouvrir l'objectif qu'un instant avant la production de l'éclair. Il faut aussi que la flamme se trouve au-dessus et près de l'appareil pour éviter les ombres portées. Il est bon de fixer un cône de papier noir à l'avant de l'objectif; ce cône fait l'office de parasoleil et empêche la production du voile[1].

Depuis que Troost a proposé de brûler le magnésium dans l'oxygène, bien des appareils ont été construits pour atteindre ce résultat. M. Humphery[2] s'est servi d'un flacon de verre rempli d'oxygène dans lequel était brûlé un ruban de magnésium. On suspend le flacon en le balançant pendant la pose, comme on fait habituellement avec la lumière électrique quand on s'en sert pour le portrait. L'emploi de ce flacon n'étant pas trop commode, M. Humphery a imaginé une lampe dans laquelle le magnésium est brûlé dans la flamme produite par la combustion du mélange d'hydrogène et d'oxygène. Cette lampe consiste en un corps de forme ovoïde muni de tuyaux de communication pourvus de robinets d'arrêts pour l'oxygène et l'hydrogène. Le réservoir ovoïde contient une certaine quantité de magnésium qui est entraîné par le courant d'hydrogène; ce gaz vient brûler entre deux couches d'oxygène dont l'excès permet la combustion du magnésium. La flamme obtenue est d'une telle valeur actinique qu'une épreuve aux sels de platine peut être complètement imprimée en moins d'une minute.

La combustion de la poudre-éclair s'obtient très simplement en plaçant celle-ci sur quelques fragments de fulmi-coton ou de papyroxyle, comme l'ont indiqué depuis longtemps plusieurs opérateurs[3]. L'inflammation du

1. *Phot. Wochenblatt*, 1890, n° 1. — 2. *Phot. News*, 1er février 1892. — 3, *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1888.

coton-poudre peut être produite soit à l'aide de l'électricité, soit, plus simplement, à l'aide d'une bande de papier ou d'une mèche analogue à celles employées pour enflammer la poudre de mine.

S'il s'agit de brûler la poudre de magnésium à l'air libre, on peut employer le dispositif signalé par le Dr Miethe[1]. On injecte du magnésium en poudre dans la flamme d'un bec de Bunsen; cette opération s'effectue au moyen d'une poire pneumatique. Un peu au-dessus de l'ouverture du bec de Bunsen se trouve un disque de cuivre laminé, incliné en avant d'un angle de 45°; dès qu'on presse la poire pneumatique, la poudre de magnésium est projetée contre le disque de cuivre, qui la disperse ainsi dans toutes les directions et réalise sa combustion complète. Afin d'éviter des ombres trop dures lorsqu'il s'agit d'obtenir un portrait, on emploie deux lampes dont les deux tubes sont réunis à la même poire.

M. Wilde, de Gorlitz, indique le moyen suivant comme permettant de produire une lumière très intense à l'aide de la poudre de magnésium.

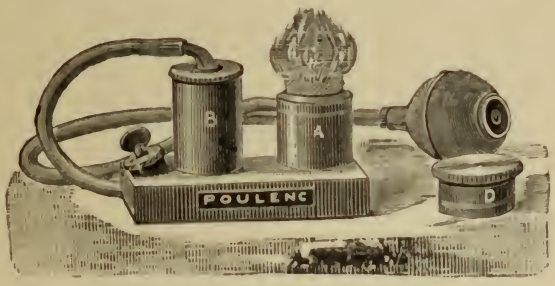


Fig. 106.

A l'aide d'un fil de cuivre recouvert d'étoffe de coton et par-dessus celle-ci d'étoffe d'amiante perforée, il forme une hélice de 0m1 à 0m12 de longueur et d'environ 0m04 de diamètre, le pas de l'hélice étant de 0m01 à 0m015. Cette hélice est placée devant une tôle de nickel bien polie; à l'une de ses extrémités se trouve un tube de verre d'environ 0m01 de diamètre dans lequel on met de 0,5 grammes à 1 gramme de poudre de magnésium; ce tube est relié à une poire de caoutchouc. Pour faire fonctionner l'appareil, on immerge un instant l'hélice dans de l'alcool mélangé d'un peu d'éther sulfurique, on allume, puis on presse la poire : le magnésium produit une lumière très intense suffisante pour photographier un groupe[2].

M. P. Nadar[3] a fait construire une lampe permettant d'employer la poudre de magnésium d'une manière continue. Un réservoir à air communique à l'aide d'un tube dans un récipient contenant du magnésium et projette celui-ci au milieu de la flamme d'une lampe à l'alcool. L'éclairage est continu, ce qui est fort utile quand il s'agit de photographier des intérieurs; l'intensité de la lumière obtenue équivaut à 3,000 carcels environ.

MM. Poulenc brûlent la poudre de magnésium dans la flamme de l'alcool et se servent d'un dispositif très simple[4]. La lampe qu'ils contruisent se

1. *Phot. News*, 1890, n° 1633. — 2. *Phot. Nachrichten*, 1890, n° 2. — 3. *Paris-Photographe*, 1891. — 4. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 160.

compose de deux parties (*fig. 106*) : l'une est un réservoir pour la poudre de magnésium, l'autre est une lampe à alcool à mèche circulaire au centre de laquelle vient aboutir le tube par lequel la poudre est insufflée dans la flamme. Pour opérer, on verse l'alcool dans la lampe au moyen de l'ouverture fermée par un bouchon vissé qui se trouve sur le côté, la poudre de magnésium est versée dans le réservoir B ; on ne doit pas remplir ce réservoir au delà des deux tiers. On débouche la lampe proprement dite A en enlevant le bouchon C, on élève la mèche d'environ 1 centimètre et on allume cette mèche ; on presse brusquement la poire pour projeter dans l'alcool enflammé la poudre de magnésium et obtenir un éclair d'autant plus vif que la pression aura été plus forte. Si un éclair ne suffit pas, une nouvelle pression donnera une nouvelle projection de poudre de magnésium et, par conséquent, un nouvel éclair.

La lampe Blansdorff, le tube-bougie actinique de Bergeot, le tison-éclair, l'hélios de Hesse et Fribourg, la lampe de Mendozza, celle de Boyer, etc., sont construites sur le même principe indiqué par Guébhardt et sont destinées à brûler de la poudre de magnésium. Pour photographier l'intérieur des grottes, M. J. Vallot donne la préférence à la lampe-signal du Dr Regnard [1]. C'est une lampe Berzélius à alcool, à bec circulaire, portée sur trois pieds et au milieu de laquelle vient déboucher le tube contenant le magnésium. Le bec a 0m017 de diamètre intérieur, le tube à magnésium a 0m006 de diamètre ; il se recourbe en forme d'U sous la lampe et vient se fixer au bord du réservoir. L'une des branches de l'U vient déboucher au milieu du bec à alcool et son extrémité doit être au niveau de la mèche ; cette extrémité ne doit pas être rétrécie sous peine de donner de mauvais résultats. L'autre branche de l'U sert à l'introduction de la poudre de magnésium à l'aide d'un petit entonnoir. Pour opérer, on allume la lampe à alcool et l'on monte suffisamment la mèche pour avoir une flamme de 0m1 à 0m15 de hauteur, on verse le magnésium, on remplace l'entonnoir par un tube de caoutchouc fixé sur un soufflet et l'on souffle vivement : la combustion est instantanée et complète. Pour obtenir une belle lumière de près de 2 mètres de hauteur, il faut employer 2 grammes de magnésium. La poire de caoutchouc n'est pas suffisante pour lancer vigoureusement une quantité de magnésium considérable ; l'emploi d'un soufflet ordinaire est indispensable. S'il s'agit de reproduire un intérieur, une grotte de dimensions considérables, on se servira d'un tube en U de 0m01 de diamètre, que l'on garnira avec 4 grammes de magnésium ; dans ces conditions, l'extrémité du tube qui se trouve dans la flamme doit être légèrement rétrécie, son diamètre ne doit pas dépasser 0m008 : la flamme obtenue est fort actinique.

Pour obtenir un portrait exempt d'ombres portées trop dures, M. Goderus [2] dispose le modèle devant un fond à la manière habituelle. Du côté de l'éclairage, à 1 mètre environ de la personne qui pose et un peu en avant, on place un écran blanc de 1m50 de côté ; de l'autre côté du modèle se trouve un réflecteur blanc ; derrière le transparent, préalablement mouillé, on dispose quatre brûleurs permettant d'allumer à la fois quatre foyers lumineux. Les lampes destinées à brûler le magnésium sont reliées à une

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1890, p. 141. — 2. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1890, p. 411.

boite de distribution à cinq branches : quatre de celles-ci sont munies d'un petit tuyau en cuivre de 0m50 de longueur, ayant l'extrémité recourbée de façon à pouvoir recevoir une charge de poudre de magnésium; à la cinquième branche s'adapte le tube en caoutchouc d'une forte poire pneumatique. L'extrémité de chaque brûleur est entourée d'un bourrelet d'étoupes qu'on imbibe d'alcool et que l'on enflamme avant d'opérer. Lorsqu'on chasse l'air dans le tuyau de la soufflerie, les quatre charges de magnésium sont projetées à la fois dans les quatre flammes d'alcool si les tuyaux ont la même longueur. La lumière très intense qui est produite par ce moyen se diffuse par son passage à travers l'écran blanc et les ombres portées ne sont pas trop intenses.

M. Boyer[1] a obtenu des photographies reproduisant les principales scènes de pièces de théâtre en se servant de huit à douze fortes lampes brûlant de la poudre de magnésium. Dans les reproductions de cette nature l'on a à photographier de grandes surfaces, ce qui nécessite l'emploi de plusieurs foyers lumineux afin d'obtenir le moins possible d'ombres portées tout en conservant le relief. On place les lampes à droite et à gauche de l'appareil, un peu en arrière, à 1m50 du sol, en ayant soin d'en mettre un plus grand nombre d'un côté que de l'autre; le magnésium est envoyé dans la flamme des lampes à l'aide d'un soufflet donnant un débit continu d'air. La lumière ainsi produite peut durer pendant plusieurs secondes et l'on peut ne commencer la pose que lorsque les personnages sont habitués à cet éclairage intense; mais ils doivent conserver l'immobilité complète pendant la pose.

L'éclair magnésique peut être très utile pour la reproduction d'intérieurs dans lesquels se trouvent des ouvertures fortement éclairées par la lumière extérieure. Avec des poses longues et par l'emploi des plaques ordinaires il est impossible d'éviter le phénomène du halo. Dès 1888, M. P. Nadar obtenait de bonnes reproductions d'intérieurs en donnant une exposition préalable permettant de reproduire l'image des ouvertures sans que le halo se manifeste, puis terminant la pose avec la lumière provenant de la combustion d'un ou plusieurs fils de magnésium. L'éclair magnésique produit soit par une lampe, soit par la poudre-éclair est d'un emploi encore plus pratique que la combustion de rubans de magnésium.

1146. Éclairage artificiel à l'aluminium. — M. Vilon a essayé de substituer au magnésium, l'aluminium, métal qui coûte trois fois moins cher que le premier; mais l'aluminium en fil ou ruban ne brûle bien que dans la flamme du chalumeau oxhydrique. On peut produire une poudre-éclair presque aussi active que celle obtenue par l'emploi du magnésium à l'aide de l'une des formules suivantes :

I. Chlorate de potasse, 20 grammes; aluminium, 8 grammes; sucre, 2 grammes.

II. Chlorate de potasse, 25 grammes; nitrate de potasse, 5 grammes; sulfure d'antimoine, 4 grammes; aluminium, 10 grammes.

III. Chlorate de potasse, 25 grammes; cyanure jaune, 3 grammes; sucre, 2 grammes; aluminium, 10 grammes. Toutes ces substances doivent être très finement pulvérisées avant d'être mélangées. La poudre résultant de ce

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 160.

mélange doit être manipulée avec tout autant de précautions que s'il s'agissait de la poudre à éclair magnésique.

Si l'on veut brûler la poudre d'aluminium dans une lampe à l'alcool, il faut disposer la lampe de telle sorte qu'elle puisse recevoir un jet d'oxygène à son centre. On projette alors dans la flamme ainsi disposée et par un ajutage spécial une certaine quantité d'aluminium; mais il faut que la flamme de l'alcool soit fortement oxydante.

M. Vilon conseille de mélanger à la poudre d'aluminium du lycopode et une petite quantité de nitrate d'ammoniaque dans les proportions suivantes : aluminium, 100; lycopode, 25; nitrate d'ammoniaque, 5. L'emploi de ce mélange n'est pas sans danger avec toutes les lampes; il en est de même des mélanges suivants destinés à obtenir des flammes colorées.

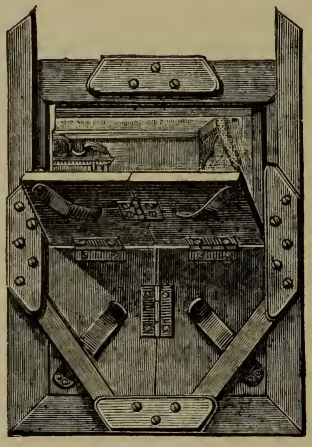


Fig. 107.

Flamme rouge. — I. Aluminium, 100; chlorate de strontiane, 10; lycopode, 25; nitrate d'ammoniaque, 5.

II. Aluminium, 100; oxalate de strontiane, 12; lycopode, 25; nitrate d'ammoniaque, 5.

Flamme verte. — Aluminium, 100; lycopode, 20; nitrate d'ammoniaque, 5; oxalate de baryum, 10; chlorate de baryum, 2.

Flamme jaune. — Aluminium, 100; lycopode, 20; nitrate d'ammoniaque, 5; oxalate de soude, 12.

Dans la préparation de toutes ces poudres-éclairs il est indispensable de pulvériser très finement les diverses substances *avant* de les mélanger. Le mélange doit être fait sur une grande feuille de papier, à l'aide d'un couteau en corne, en évitant l'emploi de corps métalliques[1].

En principe, on ne doit brûler que des *poudres métalliques pures* dans les lampes à alcool, à moins que ces lampes ne possèdent des réservoirs ouverts à l'air libre; on s'exposerait à de très graves explosions si l'on pla-

1. *Revue de chimie industrielle*, 1891.

çait dans les récipients fermés des lampes, les poudres-éclair renfermant avec le métal diverses substances oxydantes.

1147. Châssis pour tirage des positives. — Les châssis-presses ont été modifiés de bien des manières (**234**). Un des dispositifs les plus commodes est celui qui est construit par MM. Poulenc frères. Ce châssis *(fig. 107)* est muni d'une glace assez mince, les ressorts étant assez doux pour ne pas provoquer la rupture de cette glace. La planchette qui transmet la pression des ressorts n'est plus, comme dans les châssis ordinaires, divisée en deux ou trois parties plus ou moins inégales, réunies par des articulations parallèles ; elle

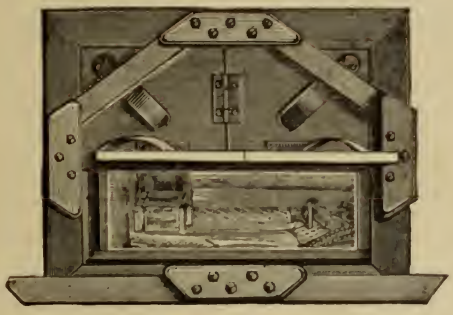


Fig. 108.

se compose de quatre parties maintenues par des articulations en croix.

La pression est donnée par des barrettes au nombre de quatre, qui sont placées en travers de chaque angle. Ces barrettes compriment des ressorts qui sont fixés à chaque portion de la planchette et, comme elles, se manœuvrent horizontalement ; on n'a pas de ces ressauts violents qui, dans les châssis ordinaires, peuvent projeter violemment les barres de pression. Si l'on dégage deux barettes d'un des petits côtés la planchette s'ouvrira en travers, comme dans les châssis ordinaires ; si au contraire on laisse une de ces barrettes engagée dans son attache et qu'on détache celle correspondante du grand côté, la planchette s'ouvrira en long *(fig. 108)*. En continuant cette opération successivement, on pourra examiner la photocopie de tous les côtés, en haut, en bas, à droite et à gauche, de telle façon que rien n'aura pu échapper à l'attention de l'opérateur et que l'on ne sera pas exposé

à perdre son temps à tirer une épreuve qui, pour une cause ou pour une autre, aurait dans une de ses parties un défaut irrémédiable[1].

BIBLIOGRAPHIE.

EDER (Dr J.-M.) *Jarbuch für photographie*, 1889 à 1892.
FABRE (C.) *Aide-Mémoire de photographie*, 1889 à 1892.
VIEUILLE. *Nouveau guide pratique du photographe amateur*, 1892.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 142.

LIVRE II

CHAPITRE PREMIER.

ÉMULSIONS AU COLLODION.

§ 1. — ÉMULSION A L'IODURE D'ARGENT.

1148. Formules de M. Banks. — Gaudin[1] a fait connaître sous le nom de photogène un liquide renfermant de l'iodure d'argent à l'état de grande division. M. E. Banks[2] prépare une émulsion de cette nature en employant les proportions suivantes : 20 grammes de nitrate d'argent sont dissous dans 500 c. c. d'eau distillée, on ajoute 20 grammes d'iodure d'ammonium de manière à obtenir un précipité d'iodure d'argent que l'on lave à l'eau distillée, on fait égoutter l'excès d'eau et l'on recommence plusieurs fois les lavages avec de l'alcool méthylique; sur le précipité bien égoutté on verse 250 c. c. d'alcool, on chauffe au bain-marie et l'on ajoute peu à peu des cristaux d'iodure d'ammonium jusqu'à ce que le précipité soit dissous complètement. On prépare d'autre part un collodion contenant 12 grammes de coton-poudre, 120 c. c. d'alcool, 1000 c. c. d'éther; on mélange à ce collodion la solution d'iodure : il se forme un précipité que l'on fait dissoudre par addition de quelques cristaux d'iodure d'ammonium. On recouvre de ce collodion une glace, et lorsque la couche a fait prise on la plonge dans une cuvette d'eau pure : il se forme une couche d'iodure d'argent, insensible à la lumière. Toutes les opérations précédentes peuvent donc s'effectuer en plein jour. Aussitôt que l'eau coule uniformément à la surface de la glace, on la porte dans le cabinet noir, on la lave à l'eau distillée et on la recouvre avec une solution

1. *La lumière*, 15 juin 1861. — 2. *British Journal photographic Almanac*, 1892.

aqueuse de nitrate d'argent à 2 %; on laisse cette solution sur la couche pendant vingt secondes, on la fait égoutter, on place la glace dans le châssis et on expose à la lumière. La durée du temps de pose doit être un peu plus longue que si la glace avait été préparée par le procédé du collodion humide. Le développement s'effectue par les divers moyens recommandés pour ce dernier procédé. Par l'emploi d'un révélateur pyrogallique composé de 6 grammes d'acide pyrogallique, 2 grammes d'acide citrique et 1 litre d'eau, l'image apparaît lentement; lorsqu'elle est complète dans ses détails on ajoute au bain révélateur quelques gouttes de solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que l'on ait obtenu l'intensité nécessaire; on lave le négatif et on le fixe comme à l'ordinaire.

Ce collodion permet d'obtenir directement des positives transparentes ; il suffit de modifier légèrement le procédé opératoire. Après avoir appliqué la solution de nitrate d'argent à la surface de la glace, on l'expose au grand jour pendant environ une seconde, de façon à obtenir une plaque qui noircirait uniformément si on la soumettait à l'action du révélateur, on la lave à l'eau distillée afin d'enlever tout le nitrate d'argent libre, puis on la recouvre d'une solution d'iodure de potassium ou d'ammonium à 2 %. La plaque est alors exposée à la lumière, on enlève ensuite l'iodure alcalin par un lavage à l'eau distillée, on repasse sur la couche la solution de nitrate d'argent et l'on développe comme à l'ordinaire.

§ 2. — ÉMULSIONS AU COLLODIO-BROMURE.

1149. Émulsions orthochromatiques. — MM. Eder et Jonas[1] préparent une émulsion au collodio-bromure extrêmement sensible, grâce à l'emploi de certaines matières colorantes. Le collodion qu'ils utilisent renferme 28 grammes de bromure d'ammonium dissous dans 35 c. c. d'eau distillée, 350 c. c. d'alcool absolu et 650 c. c. de collodion simple renfermant 4 % de coton-poudre. Les meilleures variétés de coton-poudre pour la préparation de ce collodion sont la celloïdine de Schering et le coton-poudre de Mawson ; on les emploie par parties égales. Au collodion ainsi obtenu on ajoute 30 c. c. d'acide acétique cristallisable.

Pour sensibiliser ce collodion, on prépare une dissolution de

1. *Phot. Correspondenz*, 1891.

35 grammes de nitrate d'argent dans 25 c. c. d'eau distillée ; la solution est faite à chaud, dans un flacon d'une capacité d'environ deux litres. Dans la solution aqueuse ainsi obtenue on ajoute par petites quantités de l'ammoniaque liquide concentré jusqu'à ce que le précipité brun, d'abord formé, soit complètement dissous ; il faut pour cela environ 35 c. c. d'ammoniaque concentré. Il est important d'opérer à une température comprise entre 40 et 45° C. Lorsque la dissolution est complète, on ajoute 350 c. c. d'alcool chaud : la solution doit rester limpide et incolore ; si elle brunit, c'est que l'alcool employé est de mauvaise qualité.

Ces diverses préparations peuvent se faire à la lumière du jour. Quand on a ajouté l'alcool à la solution de nitrate d'argent et que la température s'est abaissée à 35 ou 40°, on transporte les liquides dans le cabinet noir, et opérant à la lumière rouge, on verse peu à peu la solution de nitrate d'argent dans le collodion au bromure d'ammonium en prenant soin de secouer fortement l'émulsion formée. On essaie l'émulsion au papier de tournesol ; si elle manifestait une réaction alcaline, on ajouterait quelques gouttes d'acide acétique jusqu'à ce que la réaction soit très légèrement acide. On agite l'émulsion pendant environ une heure, puis on la précipite par l'eau ou bien on lave le résidu provenant de l'évaporation de l'éther et de l'alcool. Quelle que soit la méthode adoptée, le précipité obtenu est recueilli sur un linge fin et lavé pendant deux heures à l'eau courante, puis finalement deux ou trois fois à l'eau distillée, pressé et séché dans l'obscurité complète entre des buvards blancs très propres.

Pour préparer l'émulsion, on pèse 60 grammes de précipité sec ou pellicules pulvérisées, on les fait tremper pendant quelques heures dans 400 c. c. d'alcool, on ajoute peu à peu 600 c. c. d'éther en agitant fréquemment : on obtient ainsi une émulsion qu'il s'agit de rendre sensible aux rayons colorés. Dans ce but, on l'additionne de quelques gouttes d'une solution de picrate d'ammoniaque et de glycérine. On peut se servir aussi de cyanine. On fait dissoudre 1 gramme de cyanine dans 150 c. c. d'alcool et à 1 litre d'émulsion (contenant 60 grammes de pellicules sèches) on ajoute 100 c. c. de cette liqueur et 10 grammes de glycérine. Si l'on veut obtenir une émulsion plus sensible encore, on fait dissoudre $0^{gr}5$ de nitrate d'argent dans 2 c. c. d'eau, on ajoute 10 c. c. d'alcool et on verse la liqueur obtenue dans 1 litre d'émulsion.

On prépare une émulsion d'une sensibilité encore plus grande en se servant d'une solution d'éosinate d'argent obtenue de la manière suivante : A) éosine cristallisée, 8 grammes; eau distillée, 100 c. c.; alcool absolu, 900 c. c.; B) nitrate d'argent, 15 grammes; eau distillée, 250 c. c.; alcool absolu, 750 c. c. : on ajoute assez d'ammoniaque pour redissoudre le précipité d'abord formé ; C) acide picrique, 10 grammes; eau distillée, 30 grammes; ammoniaque, quantité suffisante pour neutraliser la dissolution qui est amenée au volume d'un litre par addition d'alcool absolu. On emploie ces trois solutions d'après les proportions suivantes : 375 c. c. de solution A, 150 c. c. de solution B, 150 c. c. de solution C; on ajoute à ce mélange 100 c. c. de glycérine et 225 c. c. d'alcool absolu. Le mélange obtenu est abandonné au repos pendant un jour ou deux; on le filtre et on en incorpore 200 c. c. à un litre d'émulsion. La préparation ainsi obtenue fournit des plaques qui s'impressionnent trois fois plus rapidement que si elles étaient préparées par le procédé du collodion humide; mais l'émulsion ne se conserve pas plus de deux à trois jours.

On peut, d'après Waterhouse[1], remplacer avantageusement l'éosine de la solution A par de l'érythrosine; dans ce cas, on modifie légèrement la formule du mélange. La solution orthochromatique se prépare en mélangeant 225 c. c. de solution A (dans laquelle on a remplacé l'éosine par l'érythrosine), 100 c. c. de solution B, 100 c. c. de solution C, 75 c. c. de glycérine, 400 c. c. d'alcool à 95° et 60 c. c. d'eau; on laisse déposer ce liquide pendant un quart d'heure et l'on y ajoute de l'ammoniaque jusqu'à ce qu'il devienne limpide; on filtre au bout d'un jour ou deux et on le mélange à l'émulsion dans la proportion de 200 c. c. pour un litre d'émulsion.

Après l'addition de la matière colorante, l'émulsion est fortement agitée, filtrée à travers du coton lavé à l'éther; elle est à ce moment prête à être employée. L'émulsion colorée reste en bon état pendant un jour ou deux, mais il vaut mieux l'employer le jour même de sa préparation; elle devient insensible au bout d'une semaine.

On peut, comme l'a montré Waterhouse, conserver longtemps les plaques en opérant de la manière suivante : on couvre la glace d'émulsion, on la lave sous un robinet et on l'immerge dans la teinture d'éosine ou d'érythrosine étendue de la moitié de son volume d'eau. On se sert d'un bain contenant : érythrosine, 1 gramme ; nitrate d'ar-

1. *Moniteur de la photographie*, 1891.

gent, 1 gramme; acide picrique, 1 gramme; ammoniaque, 30 c. c.; alcool, 500 c. c.; eau, 500 c. c. La glace plongée dans ce bain pendant une minute est ensuite abandonnée à la dessiccation dans l'obscurité.

Les émulsions colorées à l'éosine ou à l'érythrosine, avec un léger excès d'argent, fournissent des plaques marquant 21° Warnerke quand elles sont exposées pendant une minute à $0^{m}25$ d'une lampe étalon à l'acétate d'amyle.

La préparation des glaces s'effectue assez simplement. Après les avoir nettoyées, on les chauffe et on les recouvre de deux couches de la solution suivante, filtrée à chaud à la température de 50 ou 60° C. : gélatine blanche, 10 grammes; eau distillée, 1 litre; après dissolution on ajoute 30 c. c. d'acide acétique et 10 c. c. d'alcool. Cette couche préliminaire étant sèche, on étend l'émulsion comme s'il s'agissait de verser le collodion à la surface des glaces; on expose immédiatement à l'action de la lumière dans la chambre noire et on lave à l'eau courante la couche de collodion jusqu'à ce que l'eau coule uniformément sur la surface sensible: le développateur peut alors être employé.

Les plaques recouvertes de ces émulsions colorées sont plus sensibles quand elles sont humides que quand elles sont sèches; dans ce dernier état leur sensibilité est considérablement diminuée, excepté pour les plaques qui ont été préparées avec le bain de teinture, puis abandonnées à la dessiccation.

Le développement peut être fait à l'aide de la plupart des révélateurs. Celui qui renferme de l'hydroquinone donne de très bons résultats. On prépare trois dissolutions : A) eau distillée, 1,000 c. c.: sulfite de soude, 400 grammes; potasse caustique, 400 grammes; B) alcool absolu, 1,000 c. c.; hydroquinone, 250 grammes; C) bromure d'ammonium, 250 grammes; eau distillée, 1,000 c. c. La solution concentrée servant au développement se compose de 1,000 c. c. de solution A, 50 c. c. de solution B et 70 c. c. de solution C; si l'on désire que le négatif soit vigoureux, on porte la proportion de solution B de 60 à 70 c. c. Le développement normal se prépare en mélangeant 50 c. c. de solution concentrée avec 1.000 c. c. d'eau. La plaque bien lavée est plongée dans ce bain; le développement se fait assez vite.

Le renforcement du négatif peut être produit à l'aide d'acide pyrogallique et de nitrate d'argent. On prépare deux dissolutions : A) eau, 1000 c. c.; acide citrique, 5 grammes; acide pyrogallique, 5 grammes; acide acétique, 15 gouttes; on n'ajoute l'acide acétique que lorsque

la dissolution est complète ; B) eau distillée, 1000 c. c. ; nitrate d'argent, 1000 grammes. Pour l'usage, on mélange 100 c. c. de solution A et 5 c. c. de solution B.

Les négatifs obtenus par ce procédé sont quelquefois trop intenses. On peut atténuer cette intensité en se servant soit d'hyposulfite de soude et ferricyanure de potassium, soit des autres produits employés pour les plaques au gélatino-bromure (**452**).

Le développement fait à l'aide d'une solution de paramidophénol donne des négatifs suffisamment intenses et très brillants. La formule suivante est d'un excellent emploi : eau, 1000 c. c. ; sulfite de soude, 25 grammes ; carbonate de soude, 20 grammes ; chlorhydrate de paramidophénol, 5 grammes. On peut aussi employer l'un des révélateurs en usage pour les glaces au gélatino-bromure ; il faut seulement remarquer que les solutions alcalines concentrées ont une tendance à soulever la couche de collodion. Le révélateur à la lithine caustique et paramidophénol est celui que l'on doit préférer.

CHAPITRE II.

PROCÉDÉ AU GÉLATINO-BROMURE D'ARGENT.

§ 1. — PRÉPARATION DES PLAQUES.

1150. Préparation du gélatino-bromure d'argent. — Il est quelquefois utile d'obtenir une émulsion dont le grain soit extrêmement fin. M. Bolton[1] est arrivé à ce résultat en utilisant les observations de Van Monckhoven et celles de Székély (**405**, **406**). L'émulsion ainsi préparée permet d'obtenir des images très brillantes. On fait gonfler dans l'eau la quantité de gélatine nécessaire à la confection de l'émulsion, on la fait dissoudre au bain-marie et l'on ajoute au liquide une quantité de carbonate de soude pur, desséché, suffisante pour transformer en carbonate d'argent le nitrate d'argent. On emploiera 0 gr. 311 de carbonate de soude pur desséché par chaque gramme de nitrate d'argent; après dissolution du carbonate de soude, on ajoute au liquide la quantité nécessaire de nitrate d'argent, on agite fortement: on obtient ainsi une émulsion renfermant du carbonate d'argent et du nitrate de soude. La présence de ce sel permet d'obtenir une émulsion à grain très fin. On chauffe pendant une heure à une température qui ne doit pas dépasser 45° C., afin de ne pas provoquer la coloration du bromure d'argent. On ajoute alors une quantité suffisante de bromure d'ammonium pour convertir le carbonate d'argent en bromure d'argent et le carbonate d'ammoniaque est mis en liberté: le bromure d'argent se forme lentement, son grain est fin. On chauffe un peu plus fortement pendant une demi-heure, puis on fait prendre l'émulsion en gelée; on divise cette gelée et on la lave à la manière habituelle. Ce procédé diffère donc de ceux de Van Monckhoven et de Székély en ce que l'émulsion est lavée comme à l'ordinaire. Toutes les opérations doivent être effectuées dans l'obscurité, et l'on peut

1. *British Journal of photography*, janvier 1891.

employer avec ce procédé les divers dosages relatifs aux quantités de bromure d'argent et de gélatine que doit contenir l'émulsion.

1151. Émulsion aux sels d'argent. — L'emploi du chlorure et de l'iodure d'argent dans l'émulsion présente des avantages dans quelques cas spéciaux (**394**). M. Bell a utilisé la formule suivante qui donne une émulsion de bonne qualité[1] : on fait dissoudre d'une part 1 gramme d'iodure d'ammonium dans 100 c. c. d'eau et, d'autre part, 13 grammes de nitrate d'argent dans 50 c. c. d'eau ; on verse la solution d'iodure dans celle de nitrate jusqu'à ce que après agitation du liquide il se forme un précipité permanent. Dans la liqueur ainsi obtenue on verse une solution de 6 grammes de chlorhydrate d'ammoniaque dans 50 c. c. d'eau, on lave le précipité ainsi formé, et après avoir renouvelé l'eau de lavage, on le recouvre d'une solution de 4 grammes de gélatine dans 200 c. c. d'eau, on maintient le tout à la température de 35° C., et on ajoute d'un seul coup une solution de 10 grammes de bromure d'ammonium et 7 c. c. d'ammoniaque dans 50 c. c. d'eau; on ferme le flacon pour empêcher l'évaporation de l'ammoniaque, et on porte le tout à la température de 35° C. pendant vingt minutes. On verse quelques gouttes d'émulsion sur une lame de verre, et à la lumière transmise d'une bougie on observe si toute coloration rouge a disparu: la couche, examinée par transparence, doit présenter une teinte d'un bleu grisâtre. On cesse de chauffer et on ajoute 7 grammes de gélatine Heinrich préalablement ramollie dans l'eau et dissoute à la température de 40° C.; on secoue bien et on laisse refroidir lentement; on abandonne au repos pendant six heures, on porte de nouveau à la température de 37° C. et on verse l'émulsion dans une cuvette, où elle fait prise ; lorsqu'elle est froide, on la divise en menus fragments et on la lave comme d'habitude. La dissolution de cette émulsion, l'étendage sur glace, toutes les diverses opérations, se font à la manière habituelle.

Le Dr Liesegang emploie le bichromate de potasse ajouté à une émulsion quelconque, non lavée, et prépare les glaces en pleine lumière, comme l'a indiqué le capitaine Abney[2]. L'émulsion est étendue sur plaque, et lorsque la couche a fait prise il lave la plaque dans l'obscurité. Mais, comme l'ont constaté Abney, Eder et plusieurs autres observateurs, toute émulsion qui a été mélangée de

1. *Phot. News*, n° 1648. — 2. *Phot. News*, 1880, p. 328.

bichromate de potasse ne peut donner de glaces extra-rapides, même après des lavages très prolongés. Les glaces ainsi préparées fournissent des images très brillantes.

MM. Swartz et Merklin ont fait breveter l'emploi de l'oxyméthylsulfonate d'argent et d'ammoniaque pour la préparation de couches très sensibles. Le sel d'argent ou son mélange avec le sel alcalin est ajouté à l'émulsion toute faite dans la proportion de 1 à 2 parties pour 100 parties de sel haloïde d'argent contenu dans cette émulsion. L'action sensibilisatrice de ces composés serait due surtout à leur propriété d'absorber l'iode ou le brome.

On constate quelquefois à la surface des plaques au gélatino-bromure la production de taches rondes que l'on appelle cratères; on a pendant longtemps attribué ces taches à la présence de matières grasses. M. Thouronde[1] a remarqué que les cratères se produisaient d'autant plus énergiquement que les glaces séchaient avec plus de lenteur; il a supposé que chaque cratère était une culture naturelle des bactéries de l'atmosphère. Un examen microscopique lui a permis de constater ce fait et, en transportant sur des plaques recouvertes de gélatine humide des fragments de ces taches, il lui a été possible de reproduire des cratères de toute dimension; par suite, pour éviter la production de cet insuccès, il est bon d'ajouter un antiseptique à l'émulsion si le séchage doit s'effectuer pendant un temps assez long.

1152. Conservation des plaques préparées au gélatino-bromure d'argent. — L'emballage des plaques au gélatino-bromure d'argent doit être fait très soigneusement, surtout lorsque les plaques sont destinées à voyager dans les pays chauds. M. Mongel[2] proscrit absolument l'usage du foin pour emballer les boîtes renfermant les plaques sensibles. Le foin est toujours plus ou moins humide; sous l'influence d'une élévation de température, cette humidité se répand dans l'intérieur de la caisse et détériore les plaques; celles qui sont destinées à voyager dans les pays chauds doivent être conservées dans des boîtes métalliques bien closes. Le Dr Tschirch a observé[3] que dans des boîtes de carton les plaques ne tardent pas à moisir sous l'influence de l'humidité de l'air de Ceylan, Java, etc.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1889, p. 150. — 2. *Moniteur de la photographie*, 1889, p. 94. — 3. *Phot. Mittheilungen*, n° 393.

Le Dr E. Vogel a recherché la cause qui produit le noircissement des bords de certaines plaques à la gélatine[1]. Le résultat de ses recherches lui a permis de conclure que ce défaut provenait du papier d'emballage, lequel contient presque toujours de l'hyposulfite de soude.

La présence d'une fine poussière d'eau salée (dans le voisinage de la mer ou sur un navire) est une cause permanente de taches. Dans ces conditions, on n'exposera les plaques à l'air que pendant le temps indispensable.

§ 2. — RÉVÉLATEUR A L'ACIDE PYROGALLIQUE.

1153. Formules de bains révélateurs. — Dans presque tous les ateliers de photographie on emploie l'acide pyrogallique mélangé d'ammoniaque pour développer les plaques au gélatino-bromure. M. H. A. Wickers a montré qu'il est avantageux de remplacer l'ammoniaque par le carbonate de lithine[2]. L'emploi de ce sel permet d'éviter la production du voile vert dans le cas de développement longtemps prolongé; de plus, la dissolution ne dégage aucune odeur désagréable, contrairement à ce qui se passe quand on emploie l'ammoniaque. On prépare le révélateur en mélangeant : eau, 1000 c. c.; sulfite de soude, 25 grammes; bromure de potassium, 3 grammes; carbonate de lithine, 2 grammes; acide pyrogallique; 4 grammes. La plaque exposée à la lumière est plongée dans ce bain; le développement s'effectue d'une façon très régulière.

En général, le révélateur à l'acide pyrogallique doit renfermer une quantité de sulfite égale à cinq ou six fois celle d'acide pyrogallique; en observant ces proportions, on peut révéler jusqu'à trois plaques dans le même bain[3]. L'excès de sulfite de soude employé pour conserver l'acide pyrogallique a pour résultat de diminuer l'intensité du négatif, ce qui nécessite l'addition de fortes quantités d'acide pyrogallique pour obtenir un bon phototype[4]. On peut d'ailleurs développer l'image latente par la seule action du mélange d'acide pyrogallique et le sulfite de soude pur, comme l'a montré Bate[5].

Le Dr Meydenbauer a constaté que, pour la photographie d'objets

1. *Phot. Mittheilungen*, 1889, n° 388. — 2. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1891, p. 553. — 3. *British Journal of photography*, n° 1496. — 4. *The Camera Club*, 1889. — 5. *British Journal of photography*, 1884, nos 1251 et 1253.

faiblement éclairés, le développement à l'acide pyrogallique et à la soude est deux fois plus efficace que celui à l'hydroquinone[1]; c'est là ce qui explique la faveur dont jouit ce mode de développement, surtout parmi les photographes de profession.

Au lieu d'employer le carbonate de lithine, York emploie le carbonate de magnésie à la dose de 13 grammes de ce carbonate pour 13 grammes d'acide pyrogallique[2] pour un litre d'eau. La faible quantité de carbonate de magnésie qui se dissout est suffisante pour communiquer une réaction alcaline au liquide et provoquer le développement.

§ 3. — RÉVÉLATEUR A L'HYDROQUINONE.

1154. Hydroquinone et potasse. — L'emploi de carbonate de potasse dans le bain de développement à l'hydroquinone donne de meilleurs résultats que l'emploi du carbonate de soude. G. Lockyer emploie un bain contenant 50 grammes de sulfite de soude, 40 grammes de carbonate de potasse, 13 grammes d'hydroquinone et un litre d'eau.

Montefiore[3] emploie un mélange de carbonate de potasse et de potasse caustique. Il fait dissoudre dans un litre d'eau 4 grammes de métabisulfite de potasse, 16 grammes de carbonate de potasse, 5 grammes de potasse caustique et 2 grammes d'hydroquinone : ce bain développe lentement les négatifs.

Duchesne[4] prépare le révélateur à l'hydroquinone à l'aide de trois solutions qui se conservent séparément pendant un temps fort long : A) eau, 1000 c. c.; sulfite de soude, 250 grammes; hydroquinone, 20 grammes; B) eau, 1000 c. c.; sulfite de soude, 250 grammes; potasse caustique, 20 grammes; C) eau, 1000 c. c.; bromure de potassium, 10 grammes. Le bain de développement est composé à l'aide de ces trois solutions dont on prélève des quantités plus ou moins grandes d'après le temps de pose et l'aspect général du sujet à reproduire. Pour une vue ordinaire, lorsque le temps de pose a été exactement déterminé, on prend 65 c. c. de la solution A, 35 c. c. de B et 5 c. c. de C; pour un sujet ne présentant pas d'oppositions vives des noirs aux blancs, on mélange 55 c. c. de A, 45 c. c. de B et 8 c. c. de C; enfin, s'il s'agit d'instantanées obtenues à grande vitesse, on prépare le bain révélateur en mélangeant 50 c. c. de A, 50 c. c. de B et 1 c. c. de C.

M. Baltin[5] a recommandé l'emploi de fortes doses de potasse caustique. Il prépare deux dissolutions qu'il mélange par parties égales : A) sulfite de soude, 100 grammes; eau distillée, 1000 c. c.; hydroquinone, 25 grammes;

1. *Phot. Wochenblatt*, 1889, n° 21. — 2. *Moniteur de la photographie*. 1890, p. 14. — 3. *Phot. News*, n° 1591. — 4. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1889, p. 217. — 5. *British Journal of Photography*, n° 1568.

B) eau, 1 litre; potasse caustique, 100 grammes. Ce révélateur agit rapidement et la plaque développée doit être fixée dans un bain contenant du bisulfite de soude. Afin d'éviter le soulèvement de la couche, il est bon d'employer un bain de chlorure de sodium avant le fixage de la plaque. Payne[1] fait dissoudre 8 grammes de métabisulfite de potasse, 0gr7 de bromure de potassium et 8 grammes d'hydroquinone dans 1 litre d'eau; il mélange le liquide obtenu avec une dissolution de 17 grammes de potasse caustique dans un litre d'eau. Reeb[2] emploie un bain renfermant 60 grammes de sulfite de soude, 8 grammes d'hydroquinone, 33 grammes de potasse caustique pour un litre d'eau.

Backelandt[3] fait dissoudre dans un litre d'eau 100 grammes de sulfite de soude et ajoute successivement, après dissolution, 25 grammes d'hydroquinone, 40 grammes de carbonate de potasse, 10 grammes de potasse caustique et 1 gramme de bromure de potassium : ce bain et très énergique.

1155. Hydroquinone et soude. — L'emploi de la soude caustique permet d'obtenir des négatifs très doux qui se développent rapidement; mais la soude attaque énergiquement la couche de gélatine, et certaines plaques ne résistent pas à son action lorsque la température est un peu élevée. La formule suivante permet d'obtenir de bons négatifs avec les plaques correctement préparées. On fait deux solutions de réserve : A) eau, 1000 c. c.; sulfite de soude, 100 grammes; hydroquinone, 12 grammes; ferrocyanure de potassium, 10 grammes; B) eau, 1000 c. c.; soude caustique, 200 grammes. Le révélateur se prépare en ajoutant 100 c. c. de solution B à 900 c. c. de solution A. Ce révélateur peut être considéré comme révélateur normal pour images instantanées; il doit être étendu de son volume d'eau quand il s'agit de révéler des sujets posés[4].

Himly[5] a reconnu que l'addition au révélateur de 2 c. c. d'une solution de 125 grammes de soude caustique dans un litre d'eau permet de diminuer la durée du développement, tout en donnant des négatifs très doux. Wellington[6] emploie un bain très dilué contenant : eau, 1000 c. c.; sulfite de soude, 30 grammes; hydroquinone, 4 grammes; soude caustique, 4 grammes; il ajoute à ce liquide une trace de bromure de potassium pour empêcher la production du voile qui se forme lorsqu'on emploie certaines plaques.

Certains opérateurs préfèrent employer le carbonate de soude et le mélanger à une solution faible d'hydroquinone : on obtient ainsi des négatifs très limpides; d'autres emploient le mélange de carbonate de potasse et de carbonate de soude. La solution suivante donne d'assez bons résultats : eau, 1000 c. c.; sulfite de soude, 70 grammes; hydroquinone, 10 grammes; carbonate de potasse, 40 grammes; carbonate de soude, 30 grammes[7]. D'après M. Reeb, il faut, au contraire, rejeter absolument l'usage des carbonates, tant au point de vue de l'action même du bain que de sa conservation.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1889, p. 60. — 2. *Ibid.*, 1890, p. 259. — 3. *Anthony's phot. Bulletin*, 1890, n° 7. — 4. *Aide-mémoire de photographie pour* 1892, p. 67. — 5. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1889, p. 437. — 6. *Phot. News*, 22 mars 1889. — 7. *Moniteur de la photographie*, 1889, p. 55.

1156. Emploi de diverses substances. — Le Dr Backelandt[1] a constaté que l'âge du bain révélateur était sans influence sur la production du voile de l'image. Des plaques qui produisaient des négatifs voilés en employant un bain neuf présentaient le même insuccès quand on les développait dans un bain d'hydroquinone préparé depuis plusieurs mois, alors qu'il était partiellement oxydé. Il a reconnu que si l'émulsion qui a servi à préparer les plaques contenait une petite quantité de bromure l'image était limpide; il en est de même si l'on ajoute du bromure au bain de développement. D'après cet auteur, on doit proscrire absolument l'emploi de l'ammoniaque et des sels ammoniacaux dans les bains de développement à l'hydroquinone.

Reeb[2] a démontré que dans le bain révélateur à l'hydroquinone le sulfite de soude employé en excès ralentissait la formation du dépôt d'argent métallique et le blanchit; il est donc important de n'en pas mettre plus qu'il ne faut dans la composition du bain. La quantité d'hydroquinone nécessaire pour réduire 1 gramme de nitrate d'argent est 0gr08, et à cette quantité d'hydroquinone correspondent 0gr33 de potasse caustique, 0gr2353 de soude caustique, 0gr4064 de carbonate de potasse, 0gr8411 de carbonate de soude. La proportion de sulfite ne dépend pas seulement de la quantité d'hydroquinone, mais du rapport entre l'hydroquinone et son alcalin, et ensuite du choix de cet alcalin; avec un carbonate, il faut moins de sulfite qu'avec un alcali caustique.

L'addition de ferrocyanure dans les bains révélateurs a été préconisée par Henderson[3] et depuis lors employé dans les bains de développement à l'acide pyrogallique et à l'hydroquinone.

D'après Mercier[4], le ferrocyanure de potassium agirait dans les bains d'hydroquinone comme un alcali très faible et non autrement. L'action du ferrocyanure est, d'après cet auteur, à peu près nulle si le bain contient beaucoup d'alcali caustique; 50 grammes de cyanure jaune agissent simplement comme quelques gouttes de lessive de soude. Le même auteur a observé un fait très curieux qui se produit lorsqu'on prépare un révélateur au moyen de l'hydroquinone et d'un alcali caustique : l'hydroquinone exerce une action retardatrice sur le développement lorsqu'on l'emploie en trop grande proportion avec ce genre de bain; cette action ne se manifeste nullement avec les révélateurs au carbonate de soude.

Si l'on prend, en effet, une quantité constante de sulfite de soude, 100 grammes par exemple pour un litre de bain, ainsi qu'une quantité également constante de l'alcali choisi pour l'expérience, 10 grammes de potasse par exemple, et que l'on fasse varier progressivement la quantité d'hydroquinone ajoutée au bain, on constate que l'activité de celui-ci augmente d'abord très rapidement, arrive à un maximum où elle devient à peu près stationnaire, puis diminue avec régularité jusqu'au moment où le révélateur est saturé d'hydroquinone; ce bain agit alors deux fois moins vite qu'à la période de maximum.

L'activité d'un révélateur à l'hydroquinone, c'est-à-dire la vitesse avec

1. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1889, p. 495. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1890, p. 259. — 3. *British Journal of Photography*, 1879, p. 361. — 4. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1872, p. 275.

laquelle il développe le plus possible une épreuve peu posée, est proportionnelle au temps qui s'écoule entre l'instant où l'on immerge la plaque dans le bain et celui où l'image commence à se montrer. Les révélateurs aux alcalis caustiques se montrent aussi énergiques lorsqu'ils contiennent 50 grammes d'hydroquinone par litre que lorsqu'ils n'en renferment que 5 à 10 grammes. Il suffit de laisser dans les bains de cette nature deux négatifs quelconques, même peu posés, pour les amener à la même densité. L'énergie d'un révélateur ne doit donc pas être confondue avec sa rapidité d'action. C'est ainsi qu'un révélateur au carbonate de soude pur, exempt de toute trace d'alcali, développe plus lentement mais tout aussi vigoureusement que ceux aux alcalis caustiques.

Quelques opérateurs ajoutent divers acides aux bains à l'hydroquinone. L'emploi de l'acide oxalique a été recommandé par M. Bachrach[1]; il se sert de deux solutions : l'une renferme 15 grammes d'hydroquinone, 45 grammes de sulfite de soude, 1 litre d'eau et 0gr75 d'acide oxalique; l'autre contient 40 grammes de carbonate de soude cristallisé et 1 litre d'eau. Le développement s'effectue en plaçant la glace préalablement mouillée dans la première dissolution, on la laisse tremper pendant environ une minute, puis on la plonge dans la seconde liqueur. Evans emploie une quantité plus considérable d'acide citrique. Le bain qui lui sert pour le développement est formé de 10 grammes d'hydroquinone, 5 grammes d'acide citrique, 40 grammes de sulfite de soude et 1 litre d'eau; on ajoute à ce liquide une quantité de liqueur alcaline suffisante pour développer.

D'après von Loehr[2], le bisulfite de calcium permettrait de conserver pendant longtemps le bain de développement; il emploie les proportions suivantes : 100 c. c. d'une solution saturée de bisulfite de calcium, 900 c. c. d'eau et 5 grammes d'hydroquinone; au moment de développer, on ajoute à ce bain 100 c. c. d'une solution aqueuse de potasse caustique à 1 %.

M. Mathet[3] prépare le révélateur en remplaçant les alcalis ou les carbonates alcalins par le sucrate de chaux. Ce composé est préparé en éteignant la chaux avec de l'eau et ajoutant ensuite du sucre et de la glycérine. Les proportions recommandées par M. Mathet sont les suivantes : chaux (pure du marbre), 100 grammes; sucre pulvérisé, 160 grammes; glycérine, 160 grammes. On éteint la chaux dans l'eau, on ajoute ensuite le sucre et la glycérine : cette dernière substance doit être pure, mais son addition n'est pas indispensable; cependant Himly a remarqué que l'addition de glycérine au révélateur à l'hydroquinone favorisait sa conservation.

M. Roberston a constaté qu'après avoir employé l'hydroquinone pendant cinq années (de 1884 à 1889), il avait été obligé d'y renoncer à raison de l'action de ce réactif sur ses mains : l'effet était le même que celui produit par le bichromate de potasse. Après guérison, il a voulu l'employer de nouveau; mais au bout de quelques jours les accidents reparurent, éruption, puis crevasses, enfin ulcérations. Le meilleur remède qu'il ait employé consistait en un emplâtre de sucre et de savon[4]. D'autres opérateurs qui se sont servi d'hydroquinone pendant cinq ou six ans ont constaté des effets analogues, à tel point que certains ont dû renoncer à l'emploi de cette

1. *Wilson's photographic Magazine*, 1889. — 2. *Phot. Times*, 1889. — *L'Amateur photographe*, 1889. — 4. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1889, p. 176.

substance[1]. Il est donc prudent de ne pas plonger les doigts dans la cuvette qui renferme le bain de développement; on se servira avec avantage de crochets qui permettent de manipuler les plaques sensibles dans les cuvettes.

§ 4. — RÉVÉLATEUR A L'ICONOGÈNE.

1157. Iconogène et potasse. — Le nom d'*iconogène* a été proposé dès 1851 par l'abbé Laborde pour désigner un agent de développement qu'il avait découvert et qui avait été extrait de substances végétales[2]. Comme l'a fait remarquer Pector[3], cette appellation pourrait s'appliquer à tous les révélateurs passés, présents et futurs.

On peut développer les images par l'emploi de l'iconogène mélangé de sulfite de soude seul. L'opération est un peu longue si l'on emploie un bain contenant 15 grammes d'iconogène, 70 de sulfite et un litre d'eau; on l'active par addition de potasse, soude, ou des carbonates formés par ces bases. D'après Reeb, pour conserver longtemps le bain d'iconogène, on devrait dans toutes les formules employer 10 grammes de sulfite de soude pour 1 gramme d'iconogène. En général, on n'utilise pas une quantité de sulfite aussi considérable. Pétry[4] a recommandé la formule suivante : dans un récipient de capacité suffisante, contenant 1 litre d'eau distillée, on ajoute 60 grammes de sulfite de soude, 20 grammes d'iconogène et 25 grammes de potasse caustique; le mélange doit être fait dans l'ordre indiqué. Le révélateur ainsi préparé est excellent pour les épreuves instantanées; mais pour les images posées on doit l'étendre de deux volumes d'eau; s'il y a surexposition, on fait usage du bromure de potassium ou de l'acide tartrique qu'on emploie à la manière ordinaire.

Warnerke[5] a fait observer que pour obtenir de bons résultats par l'emploi de l'iconogène il fallait se servir d'un bain très concentré, ce qui nécessite la présence d'un alcali caustique. Il a recommandé la formule suivante : eau, 1 litre; sulfite de soude, 400 grammes; iconogène, 200 grammes; potasse caustique, 200 grammes. On fait cette dissolution à chaud et l'on dilue la liqueur de 3 ou 10 parties d'eau, suivant qu'on veut une grande intensité ou une intensité moyenne.

On peut obtenir des négatifs très brillants en ajoutant au bain d'iconogène une petite quantité de bromure de potassium. On obtient un excellent révélateur pour épreuves instantanées en faisant dissoudre dans un litre d'eau bouillante 200 grammes de sulfite de soude, 100 grammes de potasse caustique et 25 grammes d'iconogène; on laisse refroidir à l'abri de l'air et on filtre après avoir ajouté 1 gramme de bromure de potassium.

L'iconogène développe rapidement l'image lorsqu'on l'emploie en solution concentrée; cette rapidité est souvent un obstacle à la réus-

1. *Moniteur de la photographie*, 1889, p. 87. — 2. Chevalier, *Guide du photographe*, 1854, p. 75. — 3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1890, p. 117. — 4. *Ibid.*, 1890, p. 120. — 5. *Moniteur de la photographie*, 1890, p. 20.

site de l'épreuve. M. Hiekel[1] a indiqué un mode opératoire permettant de régulariser l'action de ce développateur. Il prépare deux solutions ; la première contient : eau, 1 litre ; sulfite de soude, 50 grammes ; iconogène, 10 grammes ; la seconde est une solution saturée de carbonate de potasse. Quand on veut développer une épreuve du format $0^m13 \times 0^m18$, on mesure 60 c. c. de la solution d'iconogène et on l'additionne de 5 à 6 gouttes de la solution de carbonate de potasse ; on mélange et on place la plaque dans ce bain préparatoire qui permet de reconnaître si le temps de pose a été exact, s'il a été dépassé ou insuffisant. Dans le premier cas, l'image apparaît faiblement au bout d'une minute ; on ajoute lentement la solution de carbonate de potasse goutte à goutte, en examinant l'effet produit par chaque addition avant de verser une nouvelle quantité de liquide. Si l'intensité fait défaut, on ajoute de la solution d'iconogène. S'il y a eu surexposition, l'image apparaît rapidement sur toute la surface de la plaque ; il faut alors augmenter la dose d'iconogène, diminuer celle de carbonate et ajouter du bromure de potassium. Si la surexposition est fortement accentuée, on retire la plaque de la cuvette et sans la laver on la plonge dans la solution d'iconogène et sulfite après avoir ajouté à ce liquide une petite quantité de bromure de potassium ; enfin, si la durée du temps de pose a été très courte, l'image apparaît peu à peu, même après plusieurs additions de carbonate. Il faut alors diminuer la quantité d'iconogène en rejetant une partie du contenu de la cuvette que l'on remplace par un même volume d'eau et l'on ajoute d'assez fortes quantités de carbonate pour provoquer la venue des détails dans les ombres. On arrête le développement lorsque le voile apparaît ; le négatif ainsi obtenu est sans noirs intenses et peut être facilement renforcé sans qu'on obtienne une image heurtée.

1158. Iconogène et soude. — Le carbonate de soude employé dans le développement à l'iconogène donne peu d'intensité aux négatifs, mais les images obtenues sont très harmonieuses. Hubert a recommandé l'emploi de la formule suivante : eau, 1000 c. c. ; sulfite de soude, 155 grammes ; iconogène, 33 grammes ; on fait dissoudre successivement à chaud ces divers produits, puis l'on ajoute 100 grammes de carbonate de soude. Pour développer une instantanée faite à grande vitesse, on se sert de cette solution refroidie et filtrée ; s'il s'agit d'un portrait fait dans l'atelier, on mélange parties égales d'eau et de solution révélatrice.

Plusieurs opérateurs préfèrent employer le mélange de carbonate de

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1890, p. 27.

potasse et de carbonate de soude au lieu d'un seul de ces sels. Voigt[1] a recommandé la formule suivante : eau, 1000 c. c.; sulfite de soude, 50 grammes; iconogène, 10 grammes; carbonate de soude, 30 grammes; carbonate de potasse, 10 grammes. Si la température est un peu élevée ce révélateur agit rapidement, mais l'image manque d'intensité.

1159. Emploi de substances à réaction alcaline. — Waterhouse a constaté que pour les travaux ordinaires la solution de borax mélangée à une solution d'iconogène et de sulfite de soude fournissait de très bons résultats. Plusieurs plaques peuvent être facilement développées dans le même bain; à mesure que le révélateur s'affaiblit, la durée de l'opération augmente. Waterhouse emploie : eau, 1000 c. c.; sulfite de soude, 20 grammes; iconogène, 10 grammes; borax, 20 grammes; mais il est utile de porter à 100 grammes la dose de sulfite de soude mélangée à l'iconogène. Si l'on se sert de borax sans sulfite, on obtient un développateur plus puissant, mais qui s'altère très vite. Waterhouse a vérifié ainsi les conclusions auxquelles était arrivé A. Lambert[2], à savoir que le borax ne devait pas entrer dans la composition des bains contenant soit de l'acide pyrogallique, soit du chlorhydrate d'hydroxylamine. Le révélateur contenant 1000 c. c. d'eau, 20 grammes de sulfite de soude, 10 grammes d'iconogène et 20 grammes de borax constitue une solution stable qui peut développer plusieurs négatifs limpides et suffisamment intenses. Pour développer des images instantanées on diminuera la quantité d'eau indiquée dans cette formule.

Le carbonate de lithine[3] donne de bons résultats lorsqu'on l'emploie dans un révélateur destiné aux plaques dont la couche de gélatine présente une tendance à se soulever; nous avons constaté que le carbonate de magnésie agissait de la même façon.

1160. Mélange d'iconogène et de divers révélateurs. — Newton a recommandé l'emploi d'un révélateur renfermant un mélange d'iconogène et d'hydroquinone. Dans 1000 c. c. d'eau on fait dissoudre 60 grammes de sulfite de soude et on ajoute 6 grammes d'iconogène et 40 grammes d'hydroquinone, on ajoute ensuite 40 grammes de carbonate de soude, 6 grammes de soude caustique et 1 gramme de bromure de sodium. Ce révélateur est d'une conservation facile et agit rapidement[4].

La formule suivante[5] donne de bons résultats : eau chaude, 1000 c. c.; sulfite de soude, 100 grammes; iconogène, 15 grammes; hydroquinone, 5 grammes; quand la dissolution est refroidie, on ajoute 50 grammes de carbonate de soude. Les résultats fournis par ce révélateur varient avec la température du bain : un même sujet a exigé vingt-quatre secondes de pose par une température de 10°, six secondes lorsque la température était de 20° et seulement quatre secondes quand on portait la température du bain à 30° C.

Angerer[6] prépare un mélange contenant les proportions suivantes d'ico-

1. *Phot. News*, 1891, n° 1717. — 2. *Aide-Mémoire de photographie pour* 1891, p. 54. — 3. *Paris-photographe*, 1891, p. 337. — 4. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1890, p. 121. — 5. *Ibid.*, p. 346. — 6. *British Journal of Photography*, 22 mai 1891.

nogène et d'hydroquinone : A) eau, 1000 c. c.; sulfite de soude, 120 grammes; iconogène, 18 grammes; hydroquinone, 6 grammes; B) eau, 1000 grammes; carbonate de potasse, 300 grammes. Pour développer, on prend cinq parties de la solution A et une partie de la solution B.

Il est à remarquer que les négatifs obtenus par développement à l'iconogène s'impriment plus rapidement que ceux traités à l'acide pyrogallique; ce fait tient à la couleur du négatif. Pour modifier cette couleur, le Dr Schleussner a recommandé un mélange d'iconogène et d'acide pyrogallique. Il se sert de trois dissolutions : A) eau, 1000 c. c.; iconogène, 10 grammes; B) eau, 1000 c. c.; carbonate de potasse, 200 grammes; C) eau distillée, 1000 c. c.; sulfite de soude, 150 grammes; acide sulfurique, 2 c. c.; acide pyrogallique, 50 grammes. Le bain revélateur s'obtient en mélangeant 40 parties de la solution A, 10 parties de la solution B et 10 parties de la solution C; le négatif obtenu est d'une belle couleur.

On peut employer un mélange d'iconogène et d'hydroquinone lorsqu'il s'agit d'images d'objets peu éclairés. On prépare une solution A contenant 800 c. c. d'eau chaude, 80 grammes de sulfite de soude pur, 20 grammes de ferrocyanure de potassium et 2 grammes de bromure de potassium; quand tout est dissous et que le liquide est à la température de l'ébullition, on ajoute 20 gramme d'iconogène et 10 grammes d'hydroquinone, on laisse bouillir le liquide pendant cinq minutes, puis on le filtre sur du coton hydrophyle. On a fait dissoudre d'autre part 200 grammes de carbonate de potasse dans 200 c. c. d'eau, on mélange ces deux liqueurs dont l'ensemble constitue la solution A; on prépare ensuite une solution B de soude caustique contenant : eau, 1000 c. c.; soude caustique, 10 grammes. Pour développer les instantanées obtenues avec un obturateur très rapide, on plonge la glace dans la solution A seule et on ajoute goutte à goutte la solution B. Le révélateur pour instantanées ordinaires est constitué par la solution A employée seule; s'il s'agit de développer des plaques ayant posé pendant un certain temps, on emploie une partie de solution A et deux parties d'eau distillée; après quelques minutes d'action, on ajoute goutte à goutte la solution B : on obtient ainsi les détails et l'intensité.

J. Holgrave [1] a recommandé de mélanger une forte quantité de prussiate de potasse au bain révélateur. Il fait deux dissolutions : A) eau, 1 litre; bisulfite de potasse, 12 grammes; hydroquinone, 12 grammes; iconogène, 12 grammes; B) carbonate de potasse, 60 grammes; carbonate de soude cristallisé, 60 grammes; prussiate jaune de potasse 60 grammes; eau, 1 litre. Le bain révélateur se prépare en mélangeant 40 c. c. d'eau, 40 c. c. de la solution A et 5 c. c. de la solution B.

E. Vogel a indiqué le moyen d'obtenir une solution d'iconogène sensiblement incolore [2]. On dissout le sulfite de soude et l'iconogène dans l'eau, on ajoute à la solution qui est verte un peu de bisulfite de soude; on doit continuer l'addition de ce composé jusqu'à ce que la couleur verte ait disparu. Cette addition de bisulfite de soude paraît avantageuse pour tous les développateurs contenant de l'acide pyrogallique. Au lieu d'employer le bisulfite de soude, on peut opérer comme l'a conseillé F.-H. Voigt [3]. On fait dissoudre A) sulfite de soude, 50 grammes dans 1 litre d'eau et on ajoute

1. *Phot. Times*, n° 445. — 2. *Phot. Mittheilungen*, n° 406. — 3. *Phot. News*, n° 1650.

12 grammes d'iconogène; B) solution saturée de sulfite de soude 40 c. c.; on mélange ce liquide au précédent et l'on ajoute 4 c. c. d'acide chlorhydrique : la liqueur est sensiblement incolore; C) eau, 1 litre, carbonate de soude 40 grammes; carbonate de potasse, 10 grammes. Pour se servir de ces dissolutions comme bain révélateur, on suit le mode opératoire indiqué par M. Hickel.

L'addition de glycérine aux bains d'hydroquinone, d'iconogène, etc., produit les bons résultats que l'on a observés lorsqu'on ajoute cette substance au bain pyrogallique [1]. Avec le bain à l'iconogène on emploiera parties égales d'iconogène et de glycérine. La formule suivante [2] permet d'obtenir très rapidement des négatifs présentant l'apparence de ceux que fournissait l'emploi du collodion humide : eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude, 240 grammes; iconogène, 30 grammes; carbonate de potasse, 30 grammes; glycérine, 30 grammes; on ajoute trois à quatre centimètres cubes d'une dissolution de bromure de potassium à 10 %.

1161. Altération de l'iconogène. — L'iconogène primitivement livré au commerce présentait l'inconvénient de s'altérer spontanément après quelques mois de conservation à l'état de cristaux. Burton a indiqué le moyen suivant qui permet de conserver à ce composé toutes ses propriétés révélatrices. On remplit à moitié un flacon avec les cristaux blancs d'iconogène et l'on recouvre ces cristaux avec une solution de sulfite de soude à 12 %, on agite le liquide, et au bout d'un certain temps on obtient ainsi une solution saturée à 4 % si la température est voisine de 20°. On remplit complètement le flacon avec la solution de sulfite toutes les fois qu'on a pris une certaine quantité de liquide. Le bain de développement se prépare en mélangeant 1 litre de cette solution d'iconogène avec 200 c. c. de solution de carbonate de soude à 10 % et 2 grammes de bromure de potassium.

Pour rendre à l'iconogène noirci ses propriétés révélatrices, M. Pétry [3] fait dissoudre ce composé à la dose de 10 grammes dans 1,000 c. c. d'eau; d'autre part, il fait dissoudre 500 c. c. d'acide tartrique dans 1 litre d'eau. On prend 150 c. c. de cette dernière solution que l'on ajoute peu à peu, par 4 ou 5 c. c. à la fois, à celle d'iconogène, en ayant soin de remuer constamment la liqueur à l'aide d'un agitateur en verre. La coloration du liquide passe au rouge grenat, et finalement on obtient une sorte de pâte légèrement colorée en rose; on la lave sur un filtre et on la laisse sécher à l'abri de la lumière : on obtient ainsi de fines écailles rosées, insolubles dans l'eau, mais solubles dans une solution de sulfite de soude. On fait dissoudre 10 grammes de ces cristaux dans 1,000 c. c. d'eau contenant 50 grammes de sulfite de soude pur, on ajoute ensuite 100 grammes de sulfite de soude pulvérisé et quelques gouttes d'une solution de bromure de potassium à 10 %.

M. Waterhouse a observé que si l'on ajoute au bain révélateur à l'iconogène quelques gouttes d'une solution de sulfocarbamide et de bromure d'ammonium, on obtient des positifs directs, même avec une exposition

1. *Phot. News*, 1880, p. 88. — 2. *The Phot. Times*, n° 424. — 3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 323..

très courte, et les images sont très vigoureuses. Ce procédé peut être utile dans la pratique de la photographie astronomique.

Le Dr Schnauss [1] a trouvé que la solution d'acétate de cuivre constituait un bon réactif pour distinguer entre les solutions d'hydroquinone, d'iconogène, d'hydroxylamine et d'acide pyrogallique. Il suffit d'ajouter quelques gouttes de cette solution à l'une de ces substances révélatrices pour observer les changements suivants : avec l'hydroquinone la solution devient jaune; avec la solution d'iconogène elle devient bleue; avec l'hydroxylamine la solution se décolore, et avec l'acide pyrogallique il se forme un précipité d'un noir grisâtre.

§ 5. — RÉVÉLATEUR AU PARAMIDOPHÉNOL.

1162. Emploi du paramidophénol. — MM. Auguste et Louis Lumière [2] ont constaté que le paramidophénol additionné de bases alcalines fournit un excellent développateur pour les images photographiques. Guidé par les mêmes considérations théoriques sur lesquelles étaient basées les recherches de MM. Lumière, le Dr Andressen, de Berlin, avait fait breveter l'emploi des phénylènes diamines, le 1er avril 1888, mais avait négligé l'emploi des amidophénols [3].

La solution aqueuse de paramidophénol s'oxyde à l'air, surtout en présence des bases, et prend une coloration rouge violacée; l'addition de sulfite de soude empêche cette altération.

MM. Lumière ont d'abord proposé les formules suivantes : eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude, 200 grammes; carbonate de soude, 100 grammes; paramidophénol, 12 grammes, formule qui développe fort bien. On peut aussi employer la liqueur suivante : eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude, 200 grammes; carbonate de lithine, 12 grammes; paramidophénol, 12 grammes.

Plus tard, MM. Lumière [4] ont conseillé l'emploi de la formule suivante : eau, 1,000 c. c.; carbonate de potasse, 40 grammes; sulfite de soude, 100 grammes; paramidophénol, 8 grammes. Après de nombreux essais, ils ont préconisé l'emploi de la lithine caustique comme alcali à ajouter au paramidophénol. Dans 1,000 c. c. de solution de sulfite de soude à 25 %, on ajoute 20 grammes de paramidophénol et 5 grammes de lithine caustique : on obtient ainsi un révélateur fort énergique qui peut être utilisé sans addition d'eau pour le développe-

1. *Moniteur de la photographie*, 1891, p. 148. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 195. — 3. *Die Farbeindustrie*, 1889, p. 187. — 4. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 236.

ment des négatifs pour lesquels il y a sous-exposition. En lui ajoutant son volume d'eau, on ralentit son action, trop rapide dans le cas de négatifs posés normalement ou surexposés. L'avidité que possède le paramidophénol pour l'oxygène, surtout en solution concentrée, nécessite l'introduction d'une grande quantité de sulfite de soude dans la composition du révélateur.

Le plus grand inconvénient du paramidophénol est sa faible solubilité dans l'eau ; aussi Vogel et Andressen[1] ont recommandé l'emploi du chlorhydrate de paramidophénol, sel que l'on peut préparer facilement pur et qui est très soluble dans l'eau. Ils se servent d'un bain contenant 1,000 c. c. d'eau, 50 grammes de sulfite de soude, 5 grammes de paramidophénol et 25 grammes de carbonate de potasse. Mais on introduit ainsi du chlorure de potassium dans le bain de développement ; or, ce sel possède une action retardatrice, ce qui, dans bien des cas, est un inconvénient que l'on pourrait éviter, comme le fait remarquer le Dr Schüchardt[2], en remplaçant le carbonate de potasse par le carbonate de soude ; mais il vaut encore mieux employer le nitrate de paramidophénol qui est très soluble dans l'eau. On remplace le carbonate de potasse par la soude ou la lithine caustique.

MM. Lumière ont cherché à dissoudre la plus grande quantité possible de paramidophénol dans les liquides employés pour révéler. Ces liquides doivent être miscibles à l'eau, n'avoir aucune action sur l'image latente et sur le bromure d'argent, ne précipiter ni le sulfite, ni le carbonate de soude, et ne pas empêcher la pénétration du liquide dans la gélatine. Les solutions des bases, potasse, lithine, soude, sont seules capables de dissoudre de grandes quantités de paramidophénol, et si l'on veut un révélateur concentré, contenant par exemple 20 grammes de paramidophénol par litre, il faut 30 grammes de potasse, 25 grammes de soude ou 4gr5 de lithine caustique ; mais l'emploi de telles proportions de potasse et de soude rend les manipulations difficiles, par ce fait que, ces bases dissolvant les aspérités de la peau des doigts, les plaques glissent très facilement des mains. Ces solutions alcalines provoquent aussi la dissolution et le soulèvement de la gélatine. La lithine caustique ne présente pas tous ces inconvénients, et par son emploi on obtient un excellent révélateur permettant de développer de bonnes images dans les cas les plus difficiles. Si le négatif obtenu manque d'intensité, on peut obtenir toute

1. *Phot. News*, 1891, p. 562. — 2. *British Journal of Photography*, 10 juin 1892.

la vigueur nécessaire en le plongeant, sans le laver, dans le bain révélateur à l'acide pyrogallique ou à l'hydroquinone dans lequel il acquiert toute la densité nécessaire pour fournir une bonne photocopie. On peut le plus souvent étendre d'une assez grande quantité d'eau le révélateur au paramidophénol sans que son énergie soit diminuée; on diminue seulement sa rapidité d'action.

Le Dr Éder [1] prépare un révélateur d'une énergie exceptionnelle en faisant dissoudre 30 parties de métabisulfite de soude dans 500 parties d'eau bouillante; quand la solution est complète, il ajoute 10 parties de chlorhydrate de paramidophénol, puis la quantité de potasse caustique nécessaire pour dissoudre le précipité qui s'est formé. Pour l'usage, une partie de cette solution est étendue de cinquante fois son volume d'eau; 100 c. c. de la solution-mère donneront 5 litres de révélateur.

1163. Mélange d'hydroquinone et de paramidophénol. — M. Audra [2] a recommandé l'emploi du révélateur au paramidophénol pour développer les images instantanées. Afin d'éviter le peu d'intensité de l'image que procure parfois l'emploi du paramidophénol seul, il le mélange à l'hydroquinone, substance fournissant un révélateur qui, d'après M. Audra, présente le défaut de donner trop facilement des négatifs heurtés. Dans 1,000 c. c. d'eau chaude, il fait dissoudre 100 grammes de sulfite de soude et, quand la dissolution est complète, il ajoute 2 grammes de paramidophénol et 2 grammes d'hydroquinone. Ce bain est donc économique puisqu'il ne renferme que 2 grammes par litre de chacune des substances. Le liquide incolore ainsi obtenu se conserve pendant des semaines sans se teinter, même dans des flacons en vidange. Pour lui communiquer les propriétés révélatrices, on l'additionne d'une quantité plus ou moins grande d'une solution de carbonate de potasse à 10 %. Le même bain peut servir à développer huit ou dix plaques sans que la durée de chaque développement excède deux minutes, mais il ne convient pas de conserver pour des développements ultérieurs le liquide qui a servi. On peut dans cette formule remplacer les 2 grammes de paramidophénol par 3 grammes de chlorhydrate ou de nitrate de paramidophénol. En étendant ce révélateur d'un tiers à moitié d'eau, on peut développer avec succès des négatifs posés; mais il ne faut pas prolonger outre

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 94. — 2. *Ibid.*, p. 392.

mesure la durée du développement, car on arriverait à une intensité trop considérable ; il n'est pas utile d'employer de bromure.

1164. Qualités du révélateur au paramidophénol. — Le paramidophénol présente sur les autres révélateurs l'avantage de ne jamais colorer la gélatine. La solution développatrice se conserve fort longtemps, même dans des flacons débouchés, et les négatifs développés avec de vieux bains ne présentent point la teinte jaune que l'on remarque fréquemment quand on fait usage des autres développateurs. Les substances qui constituent ces divers bains donnent par oxydation à l'air des produits identiques à ceux qui prennent naissance pendant le développement. Ces produits d'oxydation se comportent d'une manière très différente lorsqu'ils imprègnent la gélatine ; ils lui communiquent une teinte jaune dans le cas de l'hydroquinone et de l'iconogène, tandis que cette gélatine reste parfaitement incolore dans le cas du paramidophénol. On constate qu'on obtient le voile jaune après avoir développé quelques négatifs dans un même bain d'hydroquinone et d'iconogène, tandis que dans 100 c. c. de développateur au paramidophénol on peut révéler vingt-cinq négatifs du format $0^{m}9 \times 0^{m}12$, impressionnés dans des conditions identiques, sans que l'on remarque la moindre coloration et sans que l'on puisse constater de différence entre la première et la vingt-cinquième plaque.

MM. Lumière ont étudié le pouvoir réducteur du paramidophénol en se servant du procédé utilisé par Reeb[1] dans son étude sur l'hydroquinone. Ce procédé consiste à déterminer le poids de substance nécessaire et suffisant pour réduire complètement 1 gramme de nitrate d'argent.

Ils ont trouvé les chiffres suivants :

Pour l'hydroquinone	$0^{g}07$
Pour le paramidophénol	0 14
Pour l'iconogène	0 30

Il faut donc deux fois plus de paramidophénol et quatre fois plus d'iconogène que d'hydroquinone pour réduire le même poids de nitrate d'argent. Ces différences n'ont pas d'importance au point de vue pratique, car la substance réductrice, dans un développateur, est toujours en très grand excès par rapport à la quantité d'argent à réduire ; le révélateur est hors de service bien avant qu'il soit épuisé ; ce sont les produits d'oxydation qui semblent intervenir en ce cas pour rendre le développateur inutilisable.

Si l'on fait passer un courant d'oxygène pur dans les solutions aqueuses de ces trois réducteurs, on constate que le paramidophénol s'oxyde d'abord, puis l'hydroquinone, et enfin l'iconogène. Dans les trois cas, l'oxydation par l'oxygène pur est moins rapide que par l'air, toutes les autres conditions de l'expérience restant les mêmes. Cette propriété permet d'expliquer pourquoi le paramidophénol développe plus énergiquement, et toutes conditions égales d'ailleurs, plus rapidement que les autres substances.

Les produits de l'oxydation du paramidophénol n'ayant pas d'action sur

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1890, p. 256.

l'image latente et ne colorant pas la gélatine, le négatif obtenu est très brillant et d'une belle couleur.

§ 6. — RÉVÉLATEURS DIVERS.

1165. Révélateurs de la série aromatique. — MM. Auguste et Louis Lumière [1] ont cherché les relations qui existent entre la constitution chimique des développateurs et leurs propriétés révélatrices de façon à prévoir ces propriétés. Ils ont, par analogie, cherché à déterminer les particularités de constitution qui caractérisent les développateurs. On n'a proposé, dans la série aromatique, qu'un petit nombre de substances en se basant sur ce fait que les développateurs sont tous des réducteurs énergiques absorbant l'oxygène de l'air. Les corps réducteurs sont en nombre considérable et fort peu d'entre eux jouissent de propriétés révélatrices; il s'agissait de trouver les relations existant entre ces propriétés. Les expériences ont été faites par MM. Lumière. En ajoutant aux réducteurs étudiés des bases, puis des carbonates alcalins, sans lesquels le développement n'a généralement pas lieu, ils ont constaté l'existence des relations suivantes :

1° *Pour qu'une substance de la série aromatique soit un développateur, il faut qu'il y ait, dans le noyau benzique, au moins deux groupements hydroxyles* OH, *ou bien deux groupements amidogènes* AzH^2, *ou encore un hydroxyle et un amidogène.*

C'est ainsi que les corps suivants pourront être des développateurs :

a) Les diphénols..... $C^6H^4(OH)(OH)$

Les amidophénols..... $C^6H^4(OH)(AzH^2)$

Les phénylènes diamines..... $C^6H^4(AzH^2)(AzH^2)$

b) Les homologues supérieurs de ces substances, tels que :

Les oxycrésols..... $C^6H^3(CH^3)(OH)(OH)$

1 *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 310.

Les amydothymols ..... $C^6H^2 \left\langle \begin{array}{l} CH^3 \\ C^3H^7 \\ OH \\ AzH^2 \end{array} \right.$

Les crésylènes diamines ..... $C^6H^3 \left\langle \begin{array}{l} CH^3 \\ AzH^2 \\ AzH^2 \end{array} \right.$

c) Les autres homologues à plusieurs noyaux benzéniques :

Les dinaphtols..... $C^{10}H^6 \left\langle \begin{array}{l} OH \\ OH \end{array} \right.$

Les amidonaphtols ..... $C^{10}H^6 \left\langle \begin{array}{l} OH \\ AzH^2 \end{array} \right.$

Les naphtylènes diamines..... . $C^{10}H^6 \left\langle \begin{array}{l} AzH^2 \\ AzH^2 \end{array} \right.$

2° *La condition précédente est nécessaire, mais elle ne paraît suffisante que dans la parasérie.*

Ainsi l'orcine ne réduit pas le bromure d'argent, tandis que son isomère l'hydrotoluquinone, dans lequel les hydroxyles sont en position para, développe parfaitement. Il en est de même de la résorcine qui ne réduit pas les haloïdes d'argent, alors que l'hydroquinone peut fournir un développateur énergique. Si la résorcine du commerce présente des propriétés révélatrices **(438)**, c'est que ce produit est impur et contient ses isomères. Il en est de même des amidophénols, méta et ortho, des phénylènes diamines, méta et ortho.

MM. Lumière attribuent à la présence des isomères para (isomères dont il est difficile de se débarrasser) la faculté révélatrice que l'on rencontre dans certains échantillons de ces substances. En somme, les propriétés développatrices existent toutes les fois que les groupes OH ou Az sont en position para; on ne connaît pas d'exception à cette règle.

Il y a bien d'autres développateurs en dehors de la série para; c'est ainsi que des substances dihydroxylées, diamidées ou amido-hydroxylées peuvent présenter ces propriétés.

3° *Le pouvoir développateur peut persister quand il y a dans la molécule un plus grand nombre de groupements* OH *ou* AzH^2.

On connaissait un seul exemple, qui était :

L'acide pyrogallique..... $C^6H^3 \left\langle \begin{array}{l} OH \\ OH \\ OH \end{array} \right.$

On peut citer encore :

Le diamidophénol ..... C^6H^3 (OH 1, AzH^2, AzH^2 4)

Le diamidocrésol ..... C^6H^2 (CH^3, OH 1, AzH^2, AzH^2 4)

Un triamidocrésol ..... C^6H^2 (CH^3, OH, AzH^2, AzH^2, AzH^2)

L'acide gallamique ..... C^6H^2 (CO^2H, OH, OH, AzH^2)

4° *Quand la molécule résulte de la soudure de deux ou plusieurs noyaux benziques ou bien de noyaux benziques et d'autres noyaux, les remarques précédentes ne sont applicables que si les groupes hydroxyles et amidogènes existent dans un même noyau aromatique.*

C'est ainsi que la benzidine, réducteur énergique des sels d'argent, ne peut développer. Nous avons constaté ce fait dès 1888. Il en est de même des oxycarbostyriles qui présentent leurs substitutions hydroxylées dans le noyau pyridique, tandis que l'isomère, la para-oxyquinoléine réduit les sels haloïdes d'argent, parce que les deux hydroxyles sont dans le noyau benzique.

5° *Les substitutions que l'on effectue dans le groupe* OH *ou dans le groupe* AzH^2 *détruisent les propriétés révélatrices toutes les fois qu'il ne reste pas au moins deux de ces groupes intacts dans la molécule.*

Les corps suivants ne développent pas :

Le paradiméthylamidophénol..... C^6H^4 (OH, Az (CH^3, CH^3))

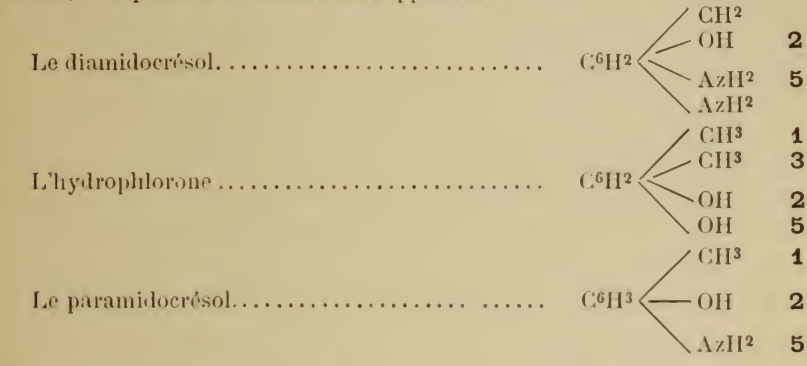
Le dérivé diéthylé du paramidophénol. C^6H^6 (OH, Az (C^2H^5, C^2H^5))

Le diméthylhydroquinone ..... C^6H^4 (OCH^3, OCH^3)

Le gaïacol, qui à l'état de pureté est de la méthylpyrocatéchine, développe l'image latente, comme l'a constaté Waterhouse; mais le gaïacol du commerce contenant toujours des impuretés parmi lesquelles des phénols diatomiques, on ne peut citer ce fait comme une contradiction à la règle énoncée par MM. Lumière.

6° *Les autres substitutions que l'on peut faire dans les* CH *du noyau ne paraissent pas supprimer le pouvoir développateur.*

Ainsi, l'on peut citer comme développateurs :



La sulfonation ne paraît pas incompatible avec la propriété révélatrice. MM. Swartz et Merklin[1] ont fait breveter l'emploi de l'oxyméthylsulfonate d'hydroxylamine en solution alcaline comme révélateur. La fonction acide ne semble pas davantage annuler le pouvoir développateur; mais dans ces derniers cas, c'est-à-dire quand la molécule contient un groupe CO^2H, les carbonates alcalins ne suffisent plus et il faut employer ces substances avec une base énergique. L'acide caféique, l'acide protocatéchique, l'acide amydosalycilique sont dans ces conditions.

7° *Les remarques précédentes ne s'appliquent qu'à la série aromatique.* Il ne faudrait pas les appliquer aux corps de la série grasse; ainsi :

etc., ne développent pas, quoique possédant deux groupements AzH^2.

8° *Cas de la phénylhydrazine.* Cette substance, résultant de la substitution du diamidogène dans un CH du noyau benzique

$$C^6H^5 - HAz - AzH^2,$$

fait exception aux règles précédentes; mais il faut observer qu'à cette constitution différente correspond une propriété toute spéciale. La phénylhydrazine peut développer sans le secours d'une base ou d'un carbonate

1. *Moniteur de la photographie*, 1890, pp. 20, 28.

alcalin. L'emploi de la solution aqueuse, ou mieux de la solution hydroalcoolique suffit; on est donc ici en présence d'un cas tout particulier.

Les règles précédentes ne suffisent pas pour déterminer si l'on pourra, au point de vue pratique, employer une substance déterminée. Il faut de plus que cette substance soit soluble dans l'eau, que sa solution soit peu colorée, que les produits d'oxydation qui prennent naissance pendant le développement soient également peu colorés et ne communiquent pas une teinte persistante au substratum du sel haloïde d'argent. On ne peut donc employer l'hématoxyline, le quercitrin pour le développement des plaques au gélatino-bromure, car le premier de ces corps colore la gélatine en violet intense et le second en jaune foncé.

On devra donc chercher les nouveaux développateurs utilisables parmi les corps dont la molécule ne contient qu'un petit nombre d'atomes de carbone, car au fur et à mesure que la molécule se complique on obtient, en général, des substances qui tendent à devenir de plus en plus colorées et de plus en plus insolubles dans l'eau.

MM. Lumière ont donné la liste des corps suivants, appartenant à la série aromatique, comme satisfaisant à la plupart des conditions énoncées. Ils comprennent des isomères plus ou moins nombreux; ce sont surtout les isomères dans lesquels les substitutions sont en situation para qui pourront donner des révélateurs :

a) *Groupe de la benzine :* Diphénols, triphénols, amidophénols, diamidophénols, triamidophénols, diamidobenzine, triamidobenzine.

b) *Homologues supérieurs à un seul noyau :* Oxycrésols, dioxycrésols, amidocrésols, diamidocrésols, triamidocrésols, diamidotoluène, triamidotoluène, méthylpyrogallol, acides dioxybenzoïques, acide amidosalycilique, acides diamidobenzoïques, acides triamidobenzoïques, acides diamidosalyciliques, acides diamidocinnamiques, oxythymols, amidothymols, diamidothymols, etc.

c) *Homologues à plusieurs noyaux :* Oxynaphtols, dioxynaphtols, amidonaphtols, diamidonaphtols, triamidonaphtols, diamidonaphtalines, triamidonaphtalines, dioxyquinoléines, amidoxyquinoléines, diamidoquinoléines, etc.

Il faut ajouter à cette liste les autres corps bi ou trihydroxylés, di ou triamidés, ou encore amido-hydroxylés se rapportant aux autres homologues, ainsi que les composés sulfonés de toutes ces substances et les hydrazines primaires aromatiques.

Ce sont les considérations précédentes qui ont amené MM. Lumière à expérimenter le paramidophénol, que ses propriétés placent au premier rang des développateurs.

1166. Révélateur au métol. — Le Dr Éder a étudié[1] deux nouveaux révélateurs, qu'on désigne l'un sous le nom de *métol,* l'autre sous celui d'*amidol.*

Le premier est un sulfate, un chlorhydrate ou un oxalate de mono-

1. *The Amateur photographer,* 10 juin 1892.

méthyle paramidométacrésol ; ces trois sels possèdent des propriétés révélatrices. Le métol se présente sous forme d'une poudre blanche, soluble dans l'eau, formant avec les sulfites alcalins un liquide presque incolore, se conservant presque sans altération pendant des semaines dans des flacons bien bouchés. Le mélange de métol et de sulfite donne, même sans addition de carbonate alcalin, un bon révélateur pour les glaces au chlorure ou au chlorobromure d'argent. Cette solution ne se colore pas en présence des carbonates alcalins.

Pour le développement des glaces au gélatino-bromure on emploie les formules suivantes : A) eau, 1,000 c. c.; sulfite neutre de soude, 100 grammes ; métol, 10 grammes ; B) eau distillée, 1,000 c. c.; carbonate de potasse, 100 grammes. Pour l'usage, on mêle 60 c. c. de solution de métol avec 20 c. c. de solution de carbonate de potasse; le mélange se conserve assez bien pendant une semaine. Si la durée d'exposition a été normale, l'image apparaît presque instantanément et prend de l'intensité. Le développement est complet en deux ou trois minutes. Il faut forcer un peu le développement, car l'intensité de l'image diminue par le fixage.

Pour un développement plus lent, destiné à fournir des négatifs très doux, on fera usage de 60 c. c. de solution de métol, 10 c. c. de solution de carbonate de potasse et 20 c. c. d'eau. En augmentant la dose de carbonate de potasse on diminue la durée du développement, et les grandes lumières arrivent rapidement à l'intensité nécessaire. Si les plaques employées fournissaient des images grises, sans contrastes, il faudrait employer 60 c. c. de solution de métol et 40 c. c. de solution de carbonate de potasse.

On peut donc, par l'emploi de ce révélateur, obtenir des images pures dont on peut contrôler la venue tout en évitant la présence d'alcalis caustiques dans les bains, présence qui n'est pas sans inconvénients. Au lieu de carbonate de potasse on peut employer la même quantité de carbonate de soude pur cristallisé ; le révélateur ainsi préparé agit un peu plus lentement que celui qui contient du carbonate de potasse.

La couleur de l'image est d'un gris noir, la couche de gélatine ne se colore pas en jaune, même en faisant usage d'un bain neutre pour le fixage. Pour les instantanéités et le travail dans l'atelier, le métol permet une pose plus courte que celle nécessitée par l'acide pyrogallique, parce que les détails dans les ombres apparaissent dès le début du développement et qu'on n'a pas à craindre les duretés. On peut

combattre les effets d'une surexposition par l'emploi d'une solution de bromure de potassium à 10 %.

1167. Révélateur à l'amidol. — MM. J. Hauff et le Dr Bogisch ont donné le nom d'amidol à un révélateur constitué par un diamidophénol, soluble dans l'eau, à réaction acide, donnant une dissolution incolore. A la longue, la dissolution se teinte en rouge et perd son activité. Les alcalis et les carbonates alcalins lui donnent immédiatement une coloration bleu verdâtre intense. L'addition de borax lui donne une teinte violet rouge. L'amidol, mélangé à du sulfite neutre de soude, fournit un révélateur très énergique sans qu'il soit besoin de l'additionner d'un alcali caustique ou carbonaté. Les acides ajoutés à cette dissolution agissent en restreignant le pouvoir révélateur; de plus, même avec une légère addition d'acide, les négatifs sont faibles et acquièrent difficilement la densité voulue, même après un long développement. La solution aqueuse d'amidol n'agit presque pas comme développateur. Dans la pratique, on emploie une solution contenant : eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude, 50 grammes; amidol, 5 grammes. La glace est plongée dans ce révélateur : l'image se développe sans voile. D'après le Dr Éder aucune substance révélatrice connue ne fait apparaître l'image avec une pose plus courte. Le révélateur peut servir plusieurs fois, après quoi il jaunit et perd son efficacité. La couleur du négatif est d'un beau gris noir. Si le temps de pose a été de beaucoup dépassé, il est bon de faire usage d'une solution de bromure de potassium à 10 %.

On peut se servir comme accélérateur d'une solution concentrée de sulfite neutre de soude. En employant un grand excès de ce sel, on peut faire apparaître rapidement les détails dans les ombres et obtenir des images très douces.

Au contraire, sous l'influence des alcalis, le révélateur s'altère, se colore, produit des images faibles et voilées. Le borax ne donne pas de résultats meilleurs que ceux fournis par l'emploi du révélateur normal.

1168. Révélateur au gaïacol. — M. Waterhouse[1] a proposé l'emploi du gaïacol pour révéler les images négatives. C'est un liquide oléagineux, incolore, d'une odeur piquante, qui s'obtient par la distillation sèche de la résine de gaïac. Il est peu soluble dans l'eau, mais se dissout facilement

1. *Phot. News*, 6 juin 1890.

dans l'alcool, l'éther, l'acide acétique et les alcalis. Avec le carbonate de soude il donne une solution qui prend facilement une teinte verdâtre. M. Waterhouse s'est servi de 20 à 30 gouttes de gaïacol dans 60 c. c. d'une solution de carbonate de soude à 4 %; plus la proportion de gaïcol est grande, plus l'action est rapide. Le négatif est d'un ton jaune brun, à grain très fin, permettant un tirage facile et donnant de bonnes épreuves positives. Ce révélateur se conserve assez bien. Il est probable que c'est à la présence de divers phénols diatomiques qu'est due l'action révélatrice du gaïacol.

1169. Emploi de la résorcine. — La résorcine commerciale peut développer les images négatives. D'après M. Mathet[1], le révélateur à la résorcine est trois fois moins énergique que celui préparé à l'hydroquinone, tandis que le révélateur à la pyrocatéchine (**438**) est, au contraire, plus énergique que celui à l'hydroquinone. En prenant comme unité un bon révélateur à l'hydroquinone, il a trouvé les résultats suivants : l'énergie de la pyrocatéchine est 1,3, celle de l'hydroquinone est 1, celle de la résorcine, 0,32.

Le Dr Loshe[2] a trouvé que la résorcine ajoutée à un bain à l'hydroquinone exerce une action fortement retardatrice sur ce révélateur et en même temps augmente sa durée de conservation. Le révélateur à l'hydroquinone, même fraîchement préparé, additionné de résorcine, développe sans produire de voile et fournit des négatifs intenses. On peut adopter la formule suivante : eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude, 30 grammes; hydroquinone, 7gr5; résorcine, 0gr4; soude caustique, 20 grammes; une plus grande quantité de résorcine augmente l'action retardatrice.

1170. Retardateurs. — On emploie avec presque tous les développateurs une petite quantité de bromure de potassium. D'après Meldola[3], le pouvoir retardateur de ce bromure serait dû à la formation d'un sel double avec le bromure d'argent seul. On n'a pas isolé ce sel, mais son existence paraît probable, comme semble l'indiquer la solubilité du bromure d'argent dans les solutions concentrées de bromure de potassium.

Le retardateur est quelquefois employé pour obtenir des images très brillantes. Pour atteindre ce but, lorsqu'il s'agit de reproduire un dessin au trait, une gravure, etc., M. Wilde[4] se sert de l'eau iodée. Le temps de pose à la chambre noire doit être le double de celui qui serait nécessaire si l'on employait le procédé ordinaire. A 100 c. c. de bain révélateur, il ajoute dans la cuvette de développement 10 c. c. d'un liquide préparé par le mélange à parties égales des deux solutions suivantes : A) alcool, 1,000 c. c.; iode sublimé, 5 grammes; B) eau, 1 litre; bromure de potassium, 70 grammes. Par un développement prolongé, on obtient une intensité qu'il n'est pas toujours possible de produire, même en se servant de plaques préparées au collodion et renforcées. Les reproductions de gravures, cartes, plans, etc., s'obtiennent très aisément avec des glaces au gélatino-bromure et ce retardateur mélangé à un bain d'hydroquinone.

1. *L'Amateur photographe*, p. 163. — 2. *Photo-Gazette*, 1891, p. 65. — 3. *Phot. Times*, 1890, n° 465. — 4. *Phot. Nachrichten*, 1890, n° 4.

Plusieurs opérateurs ont recommandé d'immerger la plaque sensible dans l'eau avant le développement, surtout lorsqu'il y a eu excès de pose ; mais cette pratique n'est pas à recommander. La durée du développement est bien prolongée, tout comme si l'on employait un retardateur, mais ce bain préliminaire provoque souvent la formation d'une sorte de voile dans les ombres et dans les demi-teintes[1].

1171. Accélérateur. — Lorsque l'on se servait du révélateur au fer, on employait souvent un accélérateur (**429**) qui consistait en une solution très étendue d'hyposulfite de soude. Ce liquide ne pouvait pas servir avec le bain pyrogallique. M. le capitaine Himly a indiqué le mode de préparation d'une liqueur convenant à l'un et l'autre de ces bains. On mélange d'abord : A) eau, 1,000 c. c.; limaille de zinc, 200 grammes ; acide sulfurique, 100 gouttes (soit environ 5 c. c.); on agite de temps en temps le flacon contenant ce mélange, on laisse déposer pendant quelques jours et on ajoute 500 grammes de sulfite de soude. B) Dans 1,000 c. c. d'eau, on fait dissoudre 500 grammes de sulfite d'ammoniaque, on mélange les deux liqueurs A et B par parties égales, ce qui constitue la dissolution mère. Si l'on désire l'employer avec le révélateur pyrogallique, à chaque litre de dissolution mère on ajoute 20 grammes de sulfocyanure d'ammonium ; si, au contraire, on veut l'employer avec le révélateur au fer, on ajoute 80 grammes de citrate de fer et d'ammoniaque à la même quantité de dissolution mère. Ces deux liqueurs se conservent longtemps en flacons bien fermés ; il suffit de filtrer les liquides de temps en temps.

Lorsqu'on emploie cet accélérateur avec l'acide pyrogallique, on additionne 1 litre de bain de développement de 25 c. c. de liqueur accélératrice ; si, au contraire, on révèle à l'aide du bain de fer, on emploie 50 c. c. de liqueur accélératrice par litre de bain. Une plus forte quantité produirait le voile.

1172. Développement en pleine lumière. — On a proposé de développer les plaques à la lumière du jour. On arrive à ce résultat[2] en ajoutant à chaque demi-litre de révélateur à l'hydroquinone 35 c. c. de la solution suivante : alcool, 500 c. c.; eau, 500 c. c.; aurantia, 300 grammes ; carmin d'aniline, 150 grammes ; on agite fortement cette dissolution, on la filtre. Les plaques doivent être transférées des châssis dans le bain révélateur sans subir l'action de la lumière, et, dans ce but, on a construit des châssis à escamoter qui s'ajustent sur des cuvettes spéciales. Les deux appareils étant réunis, on fait tomber dans le bain de développement la plaque à développer ; après quelques secondes d'action, aussitôt que l'image a commencé à paraître, on peut suivre le développement à la lumière du jour sans que l'on ait à redouter que le négatif soit voilé. On trouve dans le commerce, sous le nom de nucktigonia, une teinture de couleur antiphotogénique qui, mélangée au bain révélateur, permet de suivre le développement à la lumière du jour.

1. *Phot. News*, 1890, n° 1638. — 2. *Ibid.*, 1890, n° 1632.

§ 7. — FIXAGE, RENFORCEMENT, AFFAIBLISSEMENT DES NÉGATIFS.

1173. Fixage. — M. J. Fogh [1] a déterminé la chaleur de formation de l'hyposulfite double d'argent et de soude dissous à partir de l'hyposulfite de soude dissous : il a trouvé + 17^{Cal},4. Cette donnée a permis d'expliquer nettement l'action de l'hyposulfite de soude sur les sels haloïdes d'argent. La décomposition du chlorure d'argent par l'hyposulfite de soude, avec formation de chlorure de sodium et d'hyposulfite d'argent, n'est possible que grâce à la chaleur de dissolution de l'hyposulfite d'argent dans un excès d'hyposulfite de soude. Le chlorure d'argent se dissout avec un dégagement de chaleur égal à + 4^{Cal},4. La décomposition du bromure d'argent par l'hyposulfite de soude absorbe — 17^{Cal},3, quantité à peine inférieure à la chaleur de dissolution + 17^{Cal},4 de l'hyposulfite d'argent.

L'emploi du bisulfite de soude dans le bain fixateur s'est généralisé. Cette addition permet d'améliorer les négatifs qui sont de teinte jaune ; au sortir de ce bain, les images sont très brillantes. Au lieu de bisulfite de soude, on peut employer le sulfite mélangé d'acide tartrique. M. Pricam [2] a recommandé l'emploi d'un bain contenant : eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude, 30 grammes ; acide tartrique, 10 grammes ; hyposulfite de soude, 200 grammes ; le mélange de ces diverses substances doit être fait en suivant l'ordre indiqué ci-dessus.

Plusieurs opérateurs ont recommandé d'ajouter une certaine quantité d'alun au bain d'hyposulfite et de bisulfite : cette addition est inutile, car le bisulfite rend le négatif brillant et durcit en même temps la couche de gélatine. On peut durcir très rapidement la couche de gélatine tout en fixant l'image par l'emploi du bain suivant : eau, 500 c. c.; sulfite de soude, 120 grammes ; après dissolution, on ajoute une liqueur contenant 500 c. c. d'eau, 15 c. c. d'acide sulfurique et 90 grammes d'alun de chrome. Les deux liqueurs sont mélangées, il se dégage de l'acide sulfureux ; on verse alors ce liquide dans un bain fixateur contenant 1 kilogramme d'hyposulfite de soude pour 3 litres d'eau. Ce bain éclaircit les négatifs ; on l'étend de moitié d'eau quand il s'agit de fixer des négatifs faibles.

1174. Renforcement. — Les sels de mercure sont généralement employés pour renforcer les négatifs. Lorsque l'on doit recourir à cette opération, il est utile que toutes les solutions à employer soient filtrées jusqu'à limpidité complète. Les négatifs doivent être soigneusement lavés et exempts de toute trace d'hyposulfite de soude ; il faut les mouiller avant de les plonger dans les diverses solutions renforçatrices, afin que ces dernières puissent agir uniformément sur la couche.

Un négatif peut à la rigueur être renforcé immédiatement après le lavage qui suit le fixage ; mais, dans ce cas, l'intensité obtenue ne sera pas aussi grande que si la plaque avait été au préalable complètement séchée.

Le négatif est d'abord blanchi par l'emploi d'un bain de bichlorure de

1. *Comptes rendus*, 1891. — 2. *Revue suisse de photographie*, février 1891.

mercure. On peut le préparer de bien des manières; on noircit ensuite l'image, mais cela n'est pas nécessaire.

D'après M. J. Crookes, le noircissement ultérieur du négatif ne serait pas utile; en effet, le négatif blanchi dans la solution mercurielle, lavé soigneusement pendant plusieurs heures, n'a pas les brusques contrastes de celui qui est noirci, et cette douceur est surtout avantageuse quand il s'agit de négatifs de portraits.

Le bromure de cuivre a été très employé pour renforcer les négatifs obtenus sur couche de collodio-bromure d'argent[1]. On peut l'appliquer aux plaques préparées à l'aide du gélatino-bromure (**450**). On emploie deux solutions : A) bromure de potassium, 40 grammes; eau, 1,000 c. c.; B) eau, 1,000 c. c.; sulfate de cuivre, 40 grammes. Dans le mélange de ces deux liqueurs on plonge le négatif bien lavé. La couche blanchit; on la lave de nouveau jusqu'à disparition du sel de cuivre et on l'immerge dans une cuvette contenant une solution de nitrate d'argent acidulée par l'acide citrique : eau, 1,000 c. c.; nitrate d'argent, 30 grammes; acide citrique, 2 grammes. On peut aussi, après lavage, plonger le négatif dans un bain contenant : eau, 1,000 c. c.; ammoniaque liquide, 100 c. c. : la teinte du négatif passe au brun chocolat.

Avant de renforcer le négatif, il est bon d'enlever le léger voile qui peut se trouver à sa surface; dans ce but on le recouvre d'une solution contenant 1,000 c. c. d'eau, 60 grammes de perchlorure de fer sec et 60 grammes d'acide citrique; on agite la cuvette pendant une minute, puis on lave le négatif pendant cinq minutes dans une eau courante. On fait blanchir la couche dans un bain contenant : eau, 1,000 c. c.; bichlorure de mercure, 30 grammes; chlorure de sodium, 30 grammes. La durée de l'immersion dépend du degré de renforçage que l'on veut obtenir. Si l'on désire une grande intensité, la plaque doit séjourner dans ce bain jusqu'à blanchiment complet; au sortir de ce bain on la plonge dans une cuvette contenant 60 grammes de sel marin dissous dans 1,000 c. c. d'eau; après une minute d'action, on lave la couche pendant cinq minutes, de manière à dissoudre le chlorure mercurique qu'elle peut contenir. La plaque est alors plongée dans un bain que l'on prépare en mélangeant 1,000 c. c. d'eau, 180 grammes de sulfite de soude cristallisé et 20 c. c. d'acide sulfurique concentré. Le négatif passe à la teinte brune, puis noire. L'opération est complète quand le dos de la plaque est parfaitement noir, ne montrant aucune trace de chlorure d'argent libre. On lave le négatif pendant dix minutes dans l'eau courante, on l'essuie avec une touffe de coton pour enlever les dépôts qui pourraient se produire à la surface, puis on l'abandonne à la dessiccation.

1175. Affaiblissement des négatifs. — On désigne sous le nom assez impropre de réducteurs les liquides permettant de réduire l'intensité des négatifs. Ces liquides agissent en général en dissolvant une partie de l'argent qui forme l'image, et, par conséquent, comme les détails dans les ombres sont formés par des couches d'argent métallique extrêmement légères, en diminuant l'intensité du négatif on détruit la délicatesse des détails constitués par les demi-teintes. Une méthode plus rationnelle con-

1. *Aide-Mémoire de photographie pour* 1878, p. 42.

siste, non pas à dissoudre ces couches d'argent, mais à les laisser subsister tout en les rendant perméables à la lumière. M. Duchauchois [1] a indiqué un moyen permettant d'éviter les inconvénients qui résultent de l'emploi des solutions usuelles. Le négatif est plongé pendant cinq minutes dans un bain très dilué d'une eau régale constituée par le mélange de 4 parties d'acide bromhydrique et 1 partie d'acide azotique ; on emploie 50 c. c. de ce mélange pour 1 litre d'eau, plus ou moins suivant l'effet à obtenir. Le négatif, tout d'abord, semble s'être renforcé; mais si après l'avoir lavé on le laisse sécher complètement et si on l'expose à la lumière solaire pendant un certain temps, il devient plus transparent et vire au bleu noirâtre par suite de la transformation du bromure d'argent. Ce changement de coloration est favorable à la translucidité du négatif en tant que facilité d'impression. L'affaiblissement de l'image doit être fait en opérant à une lumière diffuse faible. L'on fait sécher le négatif dans l'obscurité avant de l'exposer aux rayons solaires, sans quoi on aurait des taches, les parties les plus sèches virant plus vite et restant plus transparentes que les autres.

On peut aussi, après lavages, exposer le négatif au soleil en le laissant dans la cuvette contenant une certaine quantité d'eau, et surtout en additionnant l'eau d'une substance capable d'absorber le brome.

Si l'intensité du négatif était trop atténuée après ce traitement, on pourrait le renforcer soit à l'aide d'un révélateur appliqué après l'insolation, soit à l'aide d'un renforçateur tel que le bichlorure de mercure. Il suffit de bien laver après cette opération ; on n'a pas besoin de fixer.

La diminution d'intensité par dissolution de la couche d'argent métallique est un procédé connu depuis fort longtemps. Carey Lea, dès 1865, indiquait l'emploi d'un bain contenant 20 grammes de bichromate de potasse, 20 grammes d'acide chlorhydrique et 1 litre d'eau. Dans ce bain, les parties les plus opaques blanchissaient assez vite par suite de la transformation en chlorure d'argent. On fait agir sur le négatif un développateur qui noircit d'abord la surface de la couche et ne pénètre que peu à peu à travers l'épaisseur du chlorure d'argent formé. Si l'on arrête assez vite l'action de ce développateur, qu'on lave et qu'on fixe l'image, la couche de chlorure d'argent qui se trouve au contact du verre et qui n'a pas été atteinte par le révélateur sera dissoute par l'hyposulfite de soude et l'intensité du négatif sera diminuée; en même temps l'image présentera entre les lumières et les ombres des contrastes moins vifs.

Belitzki [2] a employé un bain qui donne de bons résultats (**453**). Dans un litre d'eau il fait dissoudre 250 grammes d'hyposulfite de soude, 50 grammes d'oxalate potassico-ferrique, 40 grammes de sulfite neutre de soude et 15 grammes d'acide oxalique. On reconnaît la force de ce bain à sa couleur jaune, qui redevient verte lorsqu'il cesse d'agir. On peut employer cette solution immédiatement après le fixage; il n'est pas nécessaire de laver le négatif avant de l'affaiblir.

1. *Phot. Times*, 1891. — 2. *Phot. Wochenblatt*, 1890, n° 9.

BIBLIOGRAPHIE

Balagny. *Hydroquinone et potasse*, 1891.
Londe. *Traité pratique du développement*, 1892.
Reeb. *Etude sur l'Hydroquinone.*
Vieuille. *Nouveau guide pratique du photographe amateur*, 1892.
Vidal (Léon). *La Photographie des débutants*, 1890.

CHAPITRE III

PROCÉDÉS ORTHOCHROMATIQUES.

1176. Émulsion orthochromatique au gélatino-bromure d'argent : matières colorantes. — Nous avons indiqué **(1149)** comment on peut obtenir de bonnes émulsions orthochromatiques en faisant usage du collodion. D'après plusieurs auteurs [1], le collodion orthochromatisé est beaucoup plus sensible aux couleurs que l'émulsion au gélatino-bromure d'argent. Pour les études de paysage, les nuages sont bien mieux rendus avec une plaque orthochromatique qu'avec une plaque ordinaire.

Le plus souvent, on se sert avec ces plaques d'un écran jaune pâle qu'on introduit soit dans l'objectif, soit à l'avant ou à l'arrière de cet instrument **(472)**. La coloration que doit posséder cet écran est fort importante, surtout quand on photographie des paysages avec lointains; si l'écran est d'une teinte trop foncée, la distance des objets situés à l'horizon paraît plus faible qu'elle ne l'est en réalité.

On peut obtenir très facilement des écrans colorés en utilisant les petites lamelles de verre servant de couvre-objets (ronds) pour les préparations microscopiques. On choisit ces lamelles aussi minces que possible, on les enduit de collodion coloré à l'aurantia et on les dispose sur l'ouverture des diaphragmes, dans une petite gorge que l'on fait ménager dans l'épaisseur de ceux-ci : les lamelles étant de trois à quatre millimètres plus grandes que l'ouverture du diaphragme peuvent se loger, vu leur faible épaisseur (1/12e à 1/20e de millimètre), dans la petite rainure enduite de cire molle que l'on fait construire pour cet objet.

M. le Dr Eder a recommandé la cyanine chlorurée comme sensibilisateur pour le rouge [2]. La cyanine du commerce est un iodure et souvent l'on obtient par son emploi des plaques susceptibles de donner des images voilées. En transformant l'iodure en chlorure on obtient une substance qui ne donne plus lieu à un tel insuccès. On effectue cette transformation en plaçant la cyanine en poudre dans une capsule de platine ou de porcelaine et la recouvrant d'un mélange d'eau et d'acide chlorhydrique; on évapore à sec au bain-marie, et on élimine à l'étuve ou au bain-marie les dernières traces d'acide chlorhydrique libre; le résidu est constitué par la cyanine chlorurée.

Le colonel Waterhouse a employé comme sensibilisateur pour le rouge

1. *British Journal of Photography*, 1891, n° 1626. — 2. *Bulletin de la Société français de photographie*, 1891, p. 265.

le bleu d'alizarine et le bleu d'anthracène. Les plaques sont immergées dans un bain contenant 1 décigramme de chacune de ces substances pour 1 litre d'eau additionnée de quelques gouttes d'ammoniaque. Le même auteur a essayé pour cet objet une matière qu'il nomme rhodamine : ce corps est un amidophénolphtaléine dont la couleur ressemble à celle des éosines les plus bleues. La rhodamine présente une forte fluorescence écarlate qui n'est pas détruite par la présence d'un acide, comme c'est le cas pour les éosines. Quand on l'emploie en solution au dix-millième avec 1 pour 100 d'ammoniaque, elle sensibilise très fortement pour les rayons jaunes toutes les plaques à la gélatine bromurée, mais son action n'égale pas celle de l'érythrosine.

Vogel [1] a fait observer que l'on pouvait diviser en deux catégories les plaques préparées avec de l'éosine. Les premières, que l'on peut désigner sous le nom de plaques à l'éosine simple, ne contiennent comme sensibilisateur optique que de l'éosine simple, tandis que les secondes (plaques à l'éosinate d'argent) contiennent une combinaison d'éosine et de sel d'argent qui agit non seulement comme sensibilisateur optique, mais aussi comme sensibilisateur chimique. Les plaques à l'éosine argentique sont environ cinq fois plus sensibles pour les rayons jaunes que les plaques à l'éosine simple; mais ces plaques sont moins sensibles que les premières lorsqu'on les expose à la lumière bleue. Il en résulte que lorsqu'on se sert de plaques à l'éosine ordinaire on doit en même temps interposer un écran jaune sur le trajet des rayons lumineux. Il n'est pas nécessaire d'opérer ainsi avec les plaques à l'éosinate d'argent, excepté dans le cas où on aurait à reproduire un tableau ayant des parties peintes en bleu vif.

Il convient donc d'ajouter à l'éosine et à l'érythrosine une petite quantité d'azotate d'argent si l'on ne veut pas employer d'écran coloré. Mais l'éosinate et l'érythrosinate d'argent sont des composés très instables; les acides, même faibles, les détruisent; de là l'utilité de rendre alcalines les émulsions auxquelles on ajoute ces matières colorantes; il suffit d'ailleurs d'une petite quantité d'ammoniaque pour obtenir ce résultat.

On a constaté que par addition d'un excès de matière colorante la sensibilité des plaques diminuait. Pour expliquer ce fait, on admet que la teinture ne peut s'unir qu'en faible quantité aux composés sensibles, et que, si l'on dépasse une certaine proportion, l'excès de matière colorante forme à la surface de la plaque une couche absorbant les rayons actiniques et les empêchant d'agir sur les couches sous-jacentes.

Le capitaine Abney explique l'action de la lumière sur les plaques orthochromatiques par une décomposition d'ordre chimique. Parmi les teintures employées pour sensibiliser les plaques, certaines appartiennent à la classe des *couleurs fugitives* et sont altérées par la lumière; c'est ainsi, par exemple, que la cyanine est oxydée, et par suite décolorée par les rayons lumineux. Lorsque de la cyanine est ajoutée à une couche sensible et qu'elle est frappée par les rayons qu'elle peut absorber, l'oxydation se fait aux dépens du composé halogène de la couche; de là une réduction partielle de la matière sensible et un commencement de développement de l'image que le révélateur n'a plus qu'à achever. Quant aux teintures que

1. *Phot. Mittheilungen*, n° 385.

les rayons lumineux ne décomposent pas, elles s'uniraient au bromure d'argent et donneraient des *combinaisons mécaniques* analogues aux laques, combinaisons qui seraient décomposables par la lumière comme le sont les teintures fugitives.

Le Dr Vogel[1] a fait une objection sérieuse à cette hypothèse : l'expérience montre que l'action de la matière colorante se fait sentir, quelque courte que soit l'exposition des plaques à la lumière; il admet difficilement que la sensibilité de la matière colorante ne le cède en rien à la sensibilité du bromure d'argent.

1177. Préparation des plaques orthochromatiques. — G. Harrisson a montré que l'on pouvait obtenir de bonnes reproductions de tableaux en se servant de plaques ordinaires que l'on immerge pendant deux minutes dans une solution contenant 1 gramme d'érythrosine pour un litre d'eau; la plaque est abandonnée à la dessiccation dans une obscurité complète. Au lieu d'érythrosine, M. Forrest[2] se sert de quinoline. Les plaques ordinaires sont plongées dans un bain de 8 grammes de quinoline pour 10 litres d'alcool méthylique.

Les plaques ainsi préparées sont moins sensibles que celles obtenues par mélange de la matière colorante à l'émulsion (**482**); de plus, elles sont sujettes à donner des images présentant des taches au développement.

On trouve actuellement dans le commerce des plaques orthochromatiques préparées avec diverses matières colorantes. Les plaques de M. Attout-Tailfer, de Paris, celles de MM. Lumière, de Lyon, permettent d'obtenir de bons négatifs de sujets réputés autrefois très difficiles à photographier. La fabrication de ces plaques s'effectue d'une façon tout aussi régulière que celle des plaques ordinaires au gélatino-bromure.

Il est indispensable d'éviter l'action des radiations orange, jaune ou verte pendant le développement des plaques orthochromatiques. La lumière rouge rubis doit être aussi faible que possible, et il est utile de commencer le développement de telle sorte que les rayons rouges n'arrivent pas directement sur la plaque; le mieux est de développer dans une cuvette de porcelaine que l'on recouvre d'un carton noir. Les plaques préparées à l'azaline nécessitent certaines précautions, qui sont souvent inutiles avec celles contenant de l'éosine ou de l'érythrosine. Le révélateur le plus employé pour ces sortes de plaques est l'acide pyrogallique avec sulfite et potasse caustique. Il vaut mieux développer énergiquement le négatif, sauf

1. A. de La Baume-Pluvinel, *La formation des images photographiques*, 1891, p. 202.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 188.

à diminuer son intensité, que de le renforcer, car le renforçage d'une plaque orthochromatique réussit rarement d'une manière convenable. Souvent ces plaques fixées dans un bain légèrement acide montrent une sorte de voile, mais qui est sans influence pour l'impression des positives. Si la couleur sensibilisatrice adhère encore quelque part dans la couche après le lavage final, il suffit de plonger la plaque pendant quelques minutes dans l'alcool : il dissout très facilement la matière colorante.

1178. Sensibilité des plaques orthochromatiques. — Pour déterminer la sensibilité des plaques orthochromatiques, M. Vidal [1] se sert d'un *sensitocolorimètre,* appareil permettant de comparer la sensibilité de deux plaques, l'une orthochromatique, l'autre ordinaire. Cet appareil est analogue au sensitomètre destiné à mesurer le degré de sensibilité des couches sensibles : il se compose essentiellement d'une échelle formée de quatre bandes de papier vitrail bleu, vert, jaune et rouge foncé. Pour se placer dans les

COULEURS	ÉCRANS				SANS ÉCRAN
	N°4	N°3	N°2	N°1	
Bleu foncé	B_4	B_3	B_2	B_1	B
Bleu clair	b_4	b_3	b_2	b_1	b
Vert foncé	V_4	V_3	V_2	V_1	V
Vert clair	v_4	v_3	v_2	v_1	v
Jaune foncé	J_4	J_3	J_2	J_1	J
Jaune clair	j_4	j_3	j_2	j_1	j
Rouge foncé	R_4	R_3	R_2	R_1	R
Rouge clair	r_4	r_3	r_2	r_1	r

Fig. 109.

conditions mêmes de l'emploi des plaques orthochromatiques on recouvre cette échelle des écrans jaunes (quatre par exemple) qui sont employés dans l'objectif; on place sur chaque carré formé par la superposition d'une

1. L. Vidal, *Manuel pratique d'orthochromatisme,* 1891, p. 85.

bande de l'échelle et d'un écran jaune une lettre indiquant quelle est la couleur de la bande, soit B, V, J, R, puis à côté un petit numéro indiquant le degré de l'écran de 1 à 4; on adjoint aux bandes foncées des bandes claires de chaque couleur *b*, *v*, *j*, *r* (*fig. 109*).

La plaque sensible est mise au contact du sensitocolorimètre dans un châssis-presse; l'essai se fait exactement comme avec le sensitomètre Warnerke (**423**) en prenant comme source de lumière la bougie décimale ou bien la lampe à l'acétate d'amyle.

On impressionne pendant le même temps les diverses plaques à essayer, puis on les immerge toutes simultanément dans le même révélateur. On arrête le développement de toutes les plaques en ajoutant une grande quantité d'eau dans la cuvette de développement. On compare les plaques développées à une plaque ordinaire prise comme type et exposée sous le sensitocolorimètre dans les mêmes conditions. Les comparaisons que l'on peut faire à l'aide de cet instrument indiquent d'une manière suffisamment approchée pour les besoins de la pratique la sensibilité des diverses plaques. On reconnaît, lors du développement d'une plaque orthochromatique, que les bandes correspondant au jaune, au vert, au rouge, sont plus marquées que celles qui, dans la plaque ordinaire, correspondent aux mêmes écrans colorés.

Il importe quelquefois de connaître approximativement dans quel rapport la plaque orthochromatique se trouve plus sensible au jaune, au vert que la plaque ordinaire. Pour mesurer ce rapport, on se sert d'un *cher-*

Fig. 110.

cheur, constitué par une échelle de dix teintes recouvertes d'un verre jaune, de manière à rendre monochrome l'ensemble des teintes de l'échelle et des teintes des plaques (*fg. 110*).

La première teinte est d'un gris très léger; la variation d'un degré au suivant est de 0,1; le n° 10 est dix fois plus intense que le n° 1. On compare avec ce chercheur deux mêmes carrés, par exemple J_1 de la plaque orthochromatique et J_1 de la plaque ordinaire. Si la teinte du carré J_1 de la plaque orthochromatique est quatre fois plus intense que celle du carré J_1 de la plaque ordinaire, on admettra que celle-ci est quatre fois moins sensible au jaune de l'écran sensitométrique; mais le plus souvent une simple comparaison à vue d'œil suffit pour indiquer approximativement le degré de la correction obtenue.

BIBLIOGRAPHIE.

Baume-Pluvinel (A. de La). *La formation des images photographiques*, 1891.

Mathet (L). *Guide pratique pour pour l'emploi des surfaces orthochromatiques.*

Roux (V). *Photographie isochromatique.*

Vidal (L). *Manuel de l'orthochromatisme.*

CHAPITRE IV.

PROCÉDÉS PELLICULAIRES.

1179. Négatifs sur support flexible. — L'industrie des plaques photographiques livre aujourd'hui d'excellentes couches sensibles étendues sur support transparent et flexible. La Compagnie Eastmann, la Société Cristallos, la maison Lumière, livrent l'émulsion au gélatino-bromure étendue sur une matière transparente plus ou moins semblable au celluloïd; l'étendage du gélatino-bromure se fait à la machine, et l'on peut obtenir des rouleaux de pellicules ayant plusieurs mètres de longueur. Eastmann emploie comme support le produit de l'évaporation d'une solution alcoolique de coton-poudre et de camphre; à cette solution, on ajoute un peu d'alcool amylique et d'acétate d'amyle; elle est versée sur une plaque de verre enduite de cire. Lorsque la couche est sèche, on la recouvre d'une légère solution de silicate de potasse, puis l'émulsion sensible est étendue et séchée.

M. Eckstein a trouvé une substance propre à remplacer le celluloïd. Il appelle hyaline cette matière, qui se fabrique au moyen du coton-poudre mélangé d'une égale quantité de colophane, de laque, de copal, de térébenthine, ou d'un mélange de ces diverses substances. Il peut dénitrer cette matière et la rendre ainsi peu combustible. Il obtient un produit très tenace, peu transparent, sans odeur, très élastique et bien moins dangereux à manier que le celluloïd.

MM. Lumière ont perfectionné la fabrication des plaques souples et supprimé l'emploi d'huile de ricin dans le collodion, cette huile amenant très souvent l'altération de la couche sensible. M. Planchon, de Boulogne-sur-Mer, prépare des pellicules qu'il appelle *auto-tendues* et qui sont fixées à un cadre métallique très léger. Ces pellicules se placent dans les châssis exactement comme s'il s'agissait d'une glace; on les traite absolument comme le verre pendant toute la série des manipulations; on les détache de leur bordure métallique lorsque toutes les opérations sont terminées.

La plupart de ces surfaces sensibles peuvent être employées dans des châssis à rouleaux; toutes peuvent être utilisées en se servant des châssis ordinaires, ou mieux du nouveau châssis à répétition pour vingt-quatre plaques souples, châssis imaginé par M. Balagny [1]. A l'aide de cet appareil, on peut emmagasiner, dans une boîte peu épaisse, un certain nombre de plaques

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 444.

souples, toutes séparées les unes des autres, et les faire passer alternativement les unes après les autres devant l'objectif. Les plaques qui ont été exposées à la lumière vont prendre place au fond du châssis; on peut, à la fin de la journée, les retirer et les remplacer par de nouvelles surfaces sensibles. Chaque pellicule ou plaque souple est chargée dans une chemise spéciale à rideau ayant environ 2 millimètres d'épaisseur et portant par derrière un numéro, ce qui permet de rechercher et de retrouver immédiatement la plaque que l'on veut développer. Quand une plaque a posé on referme le rideau, puis, après avoir mis en position deux clés qui commandent le châssis, on tire le rideau, et c'est ce mouvement du rideau que M. Balagny a eu l'idée d'utiliser pour faire passer la plaque souple derrière le châssis, de telle sorte que la plaque n° 1 vient se mettre dos à dos avec la plaque n° 24, la plaque n° 2 dos à dos avec le n° 1, et ainsi de suite. Si l'on veut développer ces deux plaques, on ouvre la partie postérieure du châssis, on enlève les deux plaques posées, et on les remplace par deux autres, afin que le châssis ne travaille jamais à vide, puisque son mécanisme est fait pour marcher avec une épaisseur donnée; en cas de manque de plaques, on pourrait remplacer celles-ci dans leur chemises respectives par une feuille de papier. L'épaisseur de ce châssis est la même, $0^m,075$, quelle que soit la dimension de la plaque employée.

1180. Séchage des négatifs pelliculaires. — M. Balagny a proposé d'employer le bain suivant qui permet de conserver une certaine souplesse aux négatifs pelliculaires. On fait dissoudre 8 grammes de tannin pur dans 20 c. c. d'alcool, on verse dans ce liquide 1 litre d'eau et on ajoute 50 à 70 c. c. de glycérine. Les négatifs fixés et non alunés sont plongés dans ce bain pendant deux heures : la gélatine absorbe cette solution et prend en même temps de la souplesse et une extrême dureté.

L'inconvénient que présente l'emploi de la glycérine pour les négatifs pelliculaires réside en ce que des taches apparaissent quelquefois sur l'image négative à la suite d'un tirage un peu considérable sur papier aux sels d'argent. Si la quantité de glycérine est trop forte, le négatif est toujours humide et pendant le tirage le papier se distend inégalement, ce qui provoque un manque de netteté de l'image; ce défaut est surtout visible avec les négatifs de grande dimension.

On évite ces insuccès en employant un vernis au borax et à la gomme laque dissous dans l'eau (**313**); on plonge la pellicule dans ce vernis, on la suspend par deux angles et on l'abandonne à la dessiccation. La formule suivante donne un très bon vernis pour plaques souples : dans 500 c. c. d'eau bouillante on fait dissoudre 6 grammes de carbonate de soude, 24 grammes de borax et 32 grammes de gomme laque réduite en menus

fragments; on remue constamment le mélange tout en maintenant la liqueur à l'ébullition, on remplace l'eau qui s'évapore; quand la dissolution est à peu près complète, on laisse déposer, on filtre la partie limpide et on additionne ce mélange de 6 c. c. de glycérine et d'une quantité d'eau suffisante pour amener le volume du liquide à un litre; on filtre de nouveau au bout de quelques jours et la liqueur est prête à être employée.

CHAPITRE V.

RETOUCHE DES NÉGATIFS.

1181. Retouche par le verso du négatif. — En appliquant sur l'envers du négatif une couche de vernis coloré, on peut, comme l'a montré Humbert de Molard[1], modifier avantageusement un négatif. Au lieu d'employer un vernis coloré par une matière relativement stable, M. Liesegang conseille l'emploi d'un vernis ou de collodion dans lequel on a fait dissoudre une couleur d'aniline altérable par la lumière. On l'expose alors au soleil pendant un temps assez long pour que l'action des rayons lumineux qui passent à travers l'image ait détruit la couleur là où elle n'est pas protégée par les noirs du négatif, derrière lesquels elle reste inaltérée et les renforce proportionnellement à leur intensité. L'inconvénient du procédé réside en ce qu'on ne peut arrêter cette action et, au bout d'un certain temps, l'effet produit est détruit; on doit alors recommencer l'opération. Si l'on veut une image stable, on doit remplacer le vernis aux couleurs d'aniline, soit par une mixture aux sels de fer, soit, comme l'a indiqué Poitevin, par le mélange de glucose et d'acide tartrique (t. II, p. 383), qui permet d'obtenir une image par le procédé des poudres colorées.

On arrive à un résultat à peu près semblable au précédent et l'on obtient d'un négatif trop dur de bonnes images positives en utilisant un ancien procédé sur lequel M. Goderus[2] a appelé l'attention. On imprime sur pellicule transparente une épreuve positive du négatif à retoucher; l'image positive doit être faiblement développée. Cette positive est appliquée sur le dos du négatif; les parties trop transparentes de ce dernier sont renforcées proportionnellement à leur excès

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1864, p. 315. — 2. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1890, p. 409.

de transparence ; en imprimant le négatif ainsi modifié on obtient une bonne photocopie.

1182. Retouche par imbibition. — Lorsqu'il s'agit d'obtenir des réserves au pinceau sur de larges portions de l'image négative, on peut, comme l'a proposé M. Vidal, faire usage de teintures que l'on introduit par imbibition. On recouvre de vernis au bitume toutes les parties du phototype qui ne doivent pas être modifiées ; lorsque le vernis est sec, on immerge la plaque tout entière dans une solution aqueuse de jaune d'aniline, rouge d'aniline, rouge magenta, chrysoïdine ; on lave rapidement à l'eau après l'action du bain de teinture, et après séchage on peut recommencer le même traitement s'il y a lieu ; lorsque la couche de gélatine est complètement sèche, on enlève avec de la benzine tout le vernis et l'on a un négatif dont la translucidité a été atténuée dans certaines parties.

Lorsqu'il s'agit, au contraire, d'éclaircir les portions trop opaques d'un négatif, il faut diminuer l'épaisseur de la couche de gélatine en usant uniformément cette couche. Aucun procédé n'a encore permis de remplacer le grattage à l'aide de pierre ponce très fine que l'on applique à la surface de la couche sensible au moyen d'estompes en papier et en peau. Le négatif, placé sur le pupitre à retoucher, est fortement éclairé. Il faut opérer avec soin pour ne pas tracer de raies dans la couche de gélatine. On doit frotter légèrement pendant que la pointe de l'estompe décrit une série de petits cercles sur la surface à retoucher ; ce moyen, recommandé par Carlier[1], était employé par Grashoff en 1868 pour retoucher les négatifs obtenus par le procédé du collodion humide.

1183. Réfection des négatifs. — Les négatifs d'une intensité trop faible ne donnent que difficilement de bonnes photocopies et l'on ne peut toujours les amener à un état convenable par le renforcement. Ce qu'il y a de mieux à faire en pareil cas consiste à fixer le négatif, le laver avec soin et le plonger dans une solution de bichlorure de mercure ; on le sèche : le négatif présente alors l'aspect d'un positif sur verre. On l'applique sur une surface d'un noir mat, du velours par exemple, et l'on copie ce positif à l'aide de la chambre noire, comme s'il s'agissait de faire un négatif d'une gravure quelconque ; on obtient de bons résultats par l'emploi de ce procédé.

La copie directe du négatif à refaire peut quelquefois donner d'excellents résultats. M. Schleifer[2] dispose dans le châssis-presse le négatif et au contact de celui-ci une glace au gélatino-bromure peu sensible ; il recouvre d'un verre vert la glace du châssis-presse et expose le tout pendant environ cinq minutes à la flamme d'une bougie placée à 1 mètre du châssis. L'image est développée à l'aide d'un bain contenant 25 grammes de sulfite de soude, 1,000 c. c. d'eau, 5 grammes d'hydroquinone, 20 grammes de soude caustique, 2gr5 de salicylate de soude. Les grandes lumières de l'image ne doivent apparaître qu'après cinquante ou soixantes secondes ; si elles se montraient plus tôt, c'est que le révélateur serait trop énergique et il faudrait

1. L'*Amateur photographe*, 1891, p. 152. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 364.

l'étendre d'eau. Au bout d'une minute on place la glace dans une solution plus concentrée renfermant : eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude, 50 grammes; hydroquinone, 10 grammes; soude caustique, 40 grammes; acide salicylique, 5 grammes. Lorsque l'image est visible au revers de la glace, on lave la couche, on la plonge dans le bain d'alun, puis dans un bain d'hyposulfite à 8 %. L'épreuve positive ainsi obtenue sert à reproduire par des opérations toutes semblables un négatif; la durée du temps de pose doit seulement être prolongée à raison de l'intensité de l'image positive. C'est ce dernier négatif qui sert à imprimer les épreuves sur papier au gélatino-bromure. On doit avoir le soin de placer le verre vert au-dessus du châssis négatif et d'imprimer vigoureusement. Si l'on n'a pas de glace verte de la teinte voulue, on étend une solution de gélatine à 10 % sur une glace bien nettoyée; lorsque la gélatine a fait prise, on fait durcir la couche dans un bain d'alun et on la plonge dans une solution de vert de méthyle à 10 %.

1184. Coloration jaune des négatifs. — La coloration jaune des négatifs est souvent produite par l'emploi d'eau ayant séjourné dans des récipients métalliques et principalement dans des récipients en zinc. Pour enlever cette coloration, on se sert le plus souvent d'une solution aqueuse d'alun à laquelle on ajoute une petite quantité d'acide chlorhydrique (15 c. c. par litre de solution). Si la coloration jaune se manifeste par places sous forme de taches, on peut, comme l'a recommandé Cowan[1], blanchir le négatif au moyen d'une solution de perchlorure de fer, puis développer à l'aide de l'oxalate ferreux : l'image se révèle en noir et sans la moindre tache. Un procédé analogue réussit fort bien pour enlever les voiles vert ou rouge qu'on observe parfois sur les négatifs développés à l'aide d'acide pyrogallique. Après le développement, on lave la plaque pendant une minute dans l'eau distillée, puis on la plonge dans une dissolution de perchlorure de fer à 20 %. Il suffit d'une immersion prolongée pendant vingt ou au plus quarante secondes; on traite ensuite la plaque lavée par le bain pyrogallique qui fait noircir le négatif.

Le jaunissement des négatifs se produit quelquefois lorsque la durée du développement se prolonge outre mesure avec les bains d'hydroquinone. Le plus souvent le voile jaune n'a d'autre effet que de ralentir légèrement la venue de l'épreuve positive; mais si l'on veut obtenir une photocopie sur gélatine bichromatée, divers inconvénients résultent de cette coloration que l'on peut faire disparaître, d'après M. Imbault[2], par l'emploi du prussiate rouge de potasse dissous à la dose de 5 grammes pour 1 litre d'eau. On plonge le négatif dans une cuvette contenant cette dissolution, on retire la glace du bain lorsque la coloration a complètement disparu, on lave alors à grande eau, puis on plonge le négatif pendant cinq à six minutes dans un bain d'hyposulfite de soude à 10 % et l'on termine par des lavages soignés.

L'emploi du bain fixateur recommandé par Lainer[3] permet d'éviter presque toujours le voile jaune, grâce à l'emploi du sulfite de soude **(442)**. Il prépare ce bain en ajoutant à 1 litre de solution concentrée d'alun une

1. *The British Journal of Photography*, 1889, n° 1498. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1890, p. 334. — 3. *Phot Correspondenz*, juillet 1889.

quantité de sulfite de soude telle que le précipité d'abord formé, puis redissous, se reforme de nouveau ; il suffit pour cela de 200 à 300 c. c. de solution concentrée de sulfite : le mélange obtenu est ajouté à 1 litre de bain fixateur.

Robicheck[1] fait disparaître la coloration jaune par l'emploi de l'eau de brome faible. Cette solution de brome est placée dans une cuvette de porcelaine; on immerge la plaque dans ce bain, et aussitôt que la couche commence à blanchir, on l'expose à l'action de la lumière solaire : la coloration disparaît rapidement; il suffit généralement de six à huit minutes; le négatif est alors lavé à l'alcool, puis abandonné à la dessiccation.

1185. Restauration des négatifs. — Il peut arriver qu'un négatif précieux soit brisé en plusieurs fragments. Il est relativement facile d'utiliser un tel négatif[2] : on place les fragments de la glace, gélatine en dessous, sur une feuille de verre de dimension un peu plus grande que celle du négatif, on passe sur la tranche des morceaux brisés, après les avoir légèrement chauffés, un peu de baume de Canada chaud, et on les réunit en pressant fortement; on enlève l'excès de baume. On recouvre alors le négatif, du côté du verre, d'une glace de même dimension, préalablement enduite du vernis suivant : sandaraque, 3 grammes; mastic en larmes, 3 gr.; éther sulfurique, 50 grammes; benzine, 25 grammes, on soulève le tout en le retournant, et après avoir enlevé la feuille de verre support et l'excès de baume qui aurait pu se produire sur la couche de gélatine, on borde le négatif de bandes de papier gommé. Si l'opération est bien faite, on ne voit pas trace des lignes de fracture.

1186. Emploi des plaques au gélatino-bromure ayant subi l'action de la lumière. — Les plaques au gélatino-bromure qui par accident ont subi l'action de la lumière peuvent être utilisées pour l'obtention des négatifs. M. Rossignol[3] emploie la solution suivante : eau, 1 litre; teinture d'iode ordinaire, 20 c. c.; eau saturée de brome, 50 c. c.; on verse dans une cuvette de porcelaine une quantité de ce liquide suffisante pour couvrir la plaque qu'il s'agit de régénérer. L'opération s'effectue dans le cabinet noir, aussi est-il bon de recouvrir la cuvette contenant le bain, de manière à éviter la diffusion des vapeurs de brome; après deux ou trois minutes d'immersion, on retire la plaque, on la rince et on l'abandonne à la dessiccation.

Ce mélange de brome et d'iode peut ramener à l'état impressionnable une plaque développée et non soumise à l'action dissolvante de l'hyposulfite. Si l'épreuve est mauvaise, on continue le développement au jour jusqu'à ce que toute la surface apparaisse uniformément noire. On lave soigneusement pour enlever le mélange révélateur, puis on immerge la plaque dans un bain contenant 20 c. c. d'acide chlorhydrique pour 1 litre d'eau. Cet acide chlorhydrique se combine aux dernières traces d'alcali; on lave la planche et on la plonge dans le mélange de brome et d'iode, mélange qui doit être assez fortement concentré, on l'abandonne dans ce bain jusqu'à ce que toute la surface ait blanchi, on lave la plaque et on la fait sécher dans

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 151. — 2. *Wilson's Phot. Magazine*, 1891. — 3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 188.

l'obscurité. La sensibilité nouvelle ainsi obtenue n'est pas aussi grande que celle des plaques n'ayant pas été soumises à l'action de la lumière.

On peut aussi employer dans le même but une solution de bichromate de potasse[1], dont il faut éliminer complètement les dernières traces après l'opération. On plonge les plaques dans un bain contenant : eau distillée, 1,000 c. c.; bichromate de potasse, 50 grammes; bromure de potassium, 10 grammes; on laisse les plaques dans ce bain pendant dix minutes, puis on les place pendant dix minutes dans une cuvette contenant de l'eau distillée. Après une immersion de dix minutes on les place dans un second bain d'eau distillée à laquelle on ajoute un peu d'ammoniaque (2 c. c. pour 1 litre d'eau distillée) pour neutraliser les acides et former du chromate jaune de potasse; on continue les lavages jusqu'à ce que l'eau ne soit plus colorée en jaune. Pour vérifier si tout le chromate a été éliminé, on essaie l'eau de lavage à l'aide du carbonate d'argent. On prépare du carbonate d'argent frais (par l'action du bicarbonate de soude dissous sur l'azotate d'argent dissous), et après avoir lavé ce carbonate, on le fait sécher et l'on y laisse tomber quelques centimètres cubes de l'eau d'égouttage des plaques lavées : la moindre trace de sel de chrome formera de suite du chromate neutre d'argent d'une couleur brun pourpre foncée. Après lavage complet, on laisse sécher les plaques sur du papier buvard dans un endroit froid, sec, et obscur. On peut utiliser les couches ainsi traitées pour la préparation des plaques orthochromatiques avec bain.

1. *British Journal of Photography*, nº 1626.

LIVRE III

PHOTOCOPIES

CHAPITRE PREMIER

PHOTOCOPIES AUX SELS D'ARGENT.

§ 1. PHOTOCOPIES SUR PAPIER AU CHLORURE D'ARGENT.

1187. Papier salé. — L'emploi de la gélatine comme encollage du papier permet d'obtenir des images positives d'une belle coloration. M. Leeson a recommandé l'emploi d'un bain de salage contenant 7 grammes de chlorhydrate d'ammoniaque et 12 grammes de gélatine pour 1 litre d'eau. On fait dissoudre la gélatine en élevant la température de l'eau, et le chlorhydrate d'ammoniaque n'est ajouté à la solution de gélatine que quand elle est presque refroidie; on fait flotter le papier sur cette préparation pendant trois minutes, on fait sécher et on sensibilise sur un bain composé de 100 grammes de nitrate d'argent et 500 c. c. d'eau; à ce liquide on ajoute de l'ammoniaque goutte à goutte jusqu'à ce que le précipité qui se forme tout d'abord soit redissous; on divise alors le bain en deux parties et à l'une on ajoute de l'acide nitrique jusqu'à ce que le papier bleu de tournesol passe au rouge; on mélange alors les deux liquides et on porte le volume à un litre en l'étendant d'eau distillée. La sensibilisation du papier s'effectue en le plaçant sur une glace et appliquant, à l'aide d'un pinceau, le bain d'argent sur la surface préparée. Il est bon d'interposer une feuille de papier buvard entre le papier salé et la glace parce qu'il empêchera, en l'absorbant, la liqueur argentique de tacher l'envers du papier. On passe le pinceau à plusieurs reprises, tantôt en long, tantôt en travers, de façon que le liquide argentique soit en excès. Il est bon de sensibiliser le papier, de l'impressionner et de le virer dans les quarante-huit heures. Si l'on veut le conserver plus longtemps, on fera usage d'un bain d'argent contenant 120 grammes de nitrate d'argent, 50 grammes d'acide citrique et 1 litre d'eau distillée.

1188. Photocopies sur papier albuminé. — Le papier albuminé sensibilisé **(548)** devient jaune lorsqu'il est conservé pendant quelques mois. M. Quick[1] a trouvé que le bain d'hyposulfite et de cyanure rouge de potassium employé pour l'affaiblissement des négatifs (**452**) permettait de ramener au blanc les épreuves obtenues sur ce papier; il faut seulement imprimer l'image un peu vigoureusement, car, par suite de la formation de ferricyanure d'argent, l'épreuve s'affaiblit.

Swan[2] a remarqué que le papier sensibilisé pouvait être conservé pendant un temps assez long si on l'enveloppait d'une feuille de papier à calquer, et si on l'enroulait sur un rouleau, de manière à le préserver de l'action de l'air : ce moyen permet d'éviter le jaunissement du papier. Si l'on intercale entre chaque feuille de papier sensibilisé une feuille de papier buvard immergée dans un bain de carbonate de soude, puis séchée, on prolonge la durée de la conservation du papier.

1189. Papier au collodio-chlorure d'argent. — Les images obtenues sur papier recouvert d'une couche de collodio-chlorure d'argent (**585**), lorsqu'elles ont été convenablement obtenues, se conservent plus longtemps que les épreuves sur papier albuminé. M. Wall[3] a recommandé les formules suivantes qui permettent de préparer une bonne émulsion au collodio-chlorure : A) celloïdine de Schering, 25 grammes; alcool, 500 c. c.; éther, 500 c. c.; huile de ricin, 5 c. c.; B) nitrate d'argent, 25 grammes; eau distillée, 25 c. c.; alcool, 60 c. c.; C) acide citrique, 6 grammes, alcool, 90 c. c.; D) chlorure de lithium, 3 grammes; chlorure de strontium, 3gr5; alcool 90 c. c. On place la celloïdine et l'alcool dans un flacon, puis au bout d'une heure ou deux, on ajoute l'éther, et le mélange est gardé pendant au moins vingt-quatre heures, en agitant de temps en temps pour dissoudre la celloïdine. On ajoute alors l'huile de ricin, et le tout est abandonné au repos pour permettre aux impuretés de se déposer. La partie limpide est décantée avec soin, on mélange les solutions C et D et on les ajoute à 500 c. c. de collodion, puis l'on ajoute peu à peu la solution de nitrate d'argent; enfin, à chaque litre d'émulsion préparée on ajoute 10 grammes de glycérine, puis on laisse mûrir le mélange pendant une heure.

1. *The Amateur Photographer*, 3 juin 1892. — 2. *Phot. Times*, n° 395. — 3. *Wilson's Phot. Magazine*, 2 août 1890.

Cette émulsion est étendue sur papier émaillé mat (papier *couché* blanc des lithographes), puis on coupe le papier de telle sorte que ses dimensions soient un peu supérieures à celles que doit avoir l'image terminée. Avant de recouvrir le papier de collodio-chlorure on le fixe soit sur une planchette, soit sur une glace, et on verse l'émulsion comme s'il s'agissait de collodionner une plaque de verre. La durée de l'impression au châssis-presse ne doit pas être prolongée au delà de ce qui est nécessaire, car l'image s'affaiblit très peu par le virage et le fixage. Si la teinte de l'épreuve paraissait trop noire, on remplacerait l'acide citrique par une même quantité d'acide tartrique préalablement dissous dans la plus petite quantité d'eau possible.

Le virage des épreuves obtenues sur ce papier s'effectue à l'aide d'un bain très dilué de chlorure d'or et de sulfocyanure d'ammonium; l'image virée est fixée dans une solution de 120 grammes d'hyposulfite de soude pour un litre d'eau.

1190. Virage. — Les sels d'or sont les composés les plus employés pour obtenir le virage des épreuves positives. M. Mercier[1], qui a récemment étudié les réactions qui se produisent dans les bains de virage, les divise en trois classes :

1° Les *virages neutres*, qui en réalité sont toujours légèrement alcalins ou très légèrement acidules, mais caractérisés par leur mode de préparation au moyen des sels insolubles ou peu solubles;

2° Les *virages alcalins*, bleuissant immédiatement le papier rouge de tournesol;

3° Les *virages acidules*, rougissant lentement le papier bleu de tournesol.

Il est difficile en pratique de préparer les bains neutres, bien que ces bains de virage soient ceux que l'on doit chercher à réaliser. Les virages acidules peuvent être obtenus en ajoutant à un bain alcalin quelconque une petite quantité d'acide acétique ou de tout autre acide faible.

Les bains de virage peuvent, sous le rapport de la coloration, présenter quatre états différents et se montrer : 1° colorés en jaune vif et actifs; 2° colorés en jaune pâle et très actifs; 3° incolores et actifs; 4° incolores et inactifs. Le protochlorure d'or, agent actif du virage, lorsqu'il se trouve en présence d'un sel alcalin en excès, passe peu à peu à l'état de sous-aurite, et les bains, bien que restant souvent parfaitement limpides, perdent leur activité avec une rapidité d'autant plus grande qu'ils sont plus alcalins.

M. Mercier a observé que : 1° si dans la préparation des bains de virage à l'or on emploie des composés plus ou moins alcalins, sels ou oxydes, la proportion de chaque composé nécessaire pour décolorer rapidement le bain est d'autant plus faible que ce composé est plus alcalin; pour un même

1. *Virages et fixages*, 1892.

degré d'alcalinité, la décoloration est plus rapide avec les sels organiques (toujours oxydables) qu'avec les sels minéraux.

2° Quel que soit le sel ou l'oxyde alcalin que l'on utilise, le bain se décolore et devient propre à l'usage avec une rapidité d'autant plus grande que l'on emploie une plus grande quantité de sel.

3° Tous les bains de virage neutres ou nettement alcalins, quels qu'ils soient, employés près du moment où leur décoloration est complète, virent très rapidement et peuvent donner jusqu'aux tons violets noirs.

4° Tous les bains de virage neutres ou nettement alcalins perdent peu à peu leur activité, et ils la perdent avec une rapidité d'autant plus grande que leur alcalinité est plus prononcée.

5° Les bains de virage acidules (rougissant très lentement le papier bleu de tournesol) ne se décolorent pas complètement lorsqu'ils sont obtenus avec des sels minéraux purs; ceux préparés avec des sels organiques se décolorent complètement lorsqu'ils se rapprochent de la neutralité ou qu'ils sont obtenus avec des sels très réducteurs.

6° Les virages acidules conservent indéfiniment la propriété de virer les épreuves et leur activité est d'autant plus grande que leur acidité est plus faible.

7° Les tons obtenus avec les différents papiers et les différents bains de virage dépendent surtout de la quantité d'or déposé : plus la dorure de l'épreuve se fait rapidement, plus elle est complète et plus les tons obtenus tendent à se rapprocher du noir bleuâtre. Les bains de virage légèrement acides virent tous les papiers sensibles, aussi bien ceux préparés aux émulsions de chloro-citrate d'argent que les papiers albuminés, et conservent longtemps cette propriété. Les bains neutres ou légèrement alcalins, préparés déjà depuis un certain temps et parfaitement décolorés, incapables de virer les papiers aux émulsions de chloro-citrate d'argent, peuvent encore virer, quoique lentement, les épreuves sur papier albuminé, modérément lavés. Ce dernier papier ne vire plus dans ces mêmes bains lorsque les épreuves sont abondamment lavées par un séjour de vingt-quatre ou quarante-huit heures dans l'eau. Tous les papiers aux émulsions, albuminés ou simplement salés, peuvent virer dans tous les virages acidules, neutres ou alcalins, pourvu que ceux-ci soient récemment préparés ou incomplètement décolorés, c'est à-dire à la condition que l'or se trouve dans le bain à l'état de sous-chlorure et non de sous-aurite.

L'acétate de chaux, ainsi que les acétates de baryte, de strontiane et de zinc, ont été employés par Jeanrenaud[1] en 1862. On obtient un bain de virage acidule en mélangeant : acétate de chaux, 30 à 40 grammes; eau distillée, 1,000 c. c.; chlorure d'or et de potassium, 0gr50.

L'anisate de soude fournit le bain de virage conservant le plus longtemps son activité[2]. Ce sel est très soluble dans l'eau et ses solutions sont parfaitement limpides. On peut employer l'une des deux formules suivantes : anisate de soude, 15 à 25 grammes; eau distillée, 1 à 2 litres; chlorure d'or brun, 1 gramme; ou bien : anisate de soude, 10 à 20 grammes; eau distillée, 1 à 2 litres; chlorure d'or et de potassium, 1 gramme. Ces

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, t. VIII, p. 318. — 2. Mercier *Virages et fixages*, p. 103.

bains, notablement acides au moment de leur préparation, se troublent bientôt, se décolorent très vite et donnent un dépôt toujours abondant d'acide anisique ; en quelques jours le dépôt est complet, et la liqueur ne reste que très peu acide, se rapprochant de la neutralité. Il conserve une bonne activité pendant longtemps. Il donne de très beaux tons violets noirs lorsqu'il est récent, et vire encore très facilement au pourpre et au violet après plusieurs mois, surtout si l'on n'a employé qu'un litre d'eau par gramme de chlorure d'or. Il vire même encore les papiers aristotypiques. Avec ce bain, comme avec tous les bains plus ou moins acides, il faut laver soigneusement les épreuves avant le fixage à l'hyposulfite et les plonger dans une solution étendue de bicarbonate ou mieux de sulfite de soude, à moins d'ajouter ce dernier sel au fixateur lui-même.

Certains sels agissent d'une façon toute spéciale dans les bains de virage ; c'est ainsi que les chlorures alcalins retardent le virage de l'épreuve et permettent d'obtenir facilement des tons bistres ou sépia avec les bains alcalins assez récents qui donnent rapidement des tons violets noirs. On obtient ce résultat en ajoutant quelques grammes de sel marin au bain de virage ; avec le phosphate de soude, par exemple, on emploie la formule suivante : phosphate de soude, 20 grammes ; eau distillée, 1 à 2 litres ; chlorure d'or, 1 gramme ; après décoloration on ajoute de 1 à 10 grammes de sel marin, et on emploie ce bain un ou deux jours après la préparation.

1191. Virage au platine et aux métaux du groupe du platine. — Au lieu d'employer les sels d'or on peut utiliser ceux de platine (**561**) pour produire le virage des épreuves. Mercier a indiqué la formule suivante pour le virage des épreuves sur papier albuminé : chloroplatinite de potassium pur, 1gr50 ; chlorure platinique, 0gr05 ; acide acétique, 15 c. c. ; eau distillée, 1 litre.

Hare[1] emploie le bain d'or, suivi d'une immersion dans un bain contenant des sels de platine. Les épreuves, légèrement lavées, sont plongées dans le bain d'or au borax contenant : eau, 1000 c. c. ; borax, 18 grammes ; chlorure d'or, 0gr,4. Quand les images ont pris dans ce bain un ton brun chaud, on les lave pendant une minute dans l'eau pure, puis on les place dans un bain de 1000 c. c. d'eau, 4gr5 de chloroplatinite de potasse, 12 grammes d'acide citrique et 19 grammes de chlorure de sodium ; l'image devient rapidement d'un beau noir pourpre.

M. Brunel[2] opère très sommairement le premier lavage de l'épreuve et l'immerge dans un bain contenant : eau, 1 litre ; chloroplatinite de sodium ; 2 grammes ; chlorure de sodium, 2 grammes ; bitartrate de soude, 1 gramme. Les épreuves, lavées une seule fois à l'eau, sont plongées dans le bain de virage où elles prennent un ton pourpre, puis brun et finalement noir ; on les lave puis on les fixe dans une solution de 300 grammes d'hyposulfite de soude pour 1 litre d'eau.

On peut obtenir des teintes spéciales par l'emploi des sels d'osmium. On se sert de chlorure d'osmium ammoniacal connu sous le nom de chlorure jaune de Frémy ; on emploie les doses suivantes : chlorure d'osmium am-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 23. — 2. *Phot. News*, 1891, n° 1714.

moniacal, 1gr50; osmiate de potasse, 0gr10; acide acétique, 15 c. c.; eau distillée, 1 litre. Les persels qui entrent dans la composition de cette formule sont en trop petite quantité pour ronger les épreuves; cette quantité suffit cependant pour empêcher la réduction complète du bain.

M. Mercier a récemment fait connaître la formule suivante : eau, 1 litre; chlorate de soude 0gr04; succinate de soude, 4 grammes; acide succinique, 12 grammes; chlorure d'osmium ammoniacial jaune, 1 gr. L'acide succinique est destiné à acidifier le bain; l'addition de succinate de soude donne plus de douceur aux épreuves, et le chlorate de soude assure la conservation du bain. Si ce bain est préparé avec de l'eau dont la température ne dépasse pas 50 à 60°, il se conserve très bien.

Tout virage aux sels des métaux du groupe du platine doit être acide et avoir pour base un sel au minimum ; en liqueur alcaline, on peut bien produire le virage, mais l'opération s'effectue avec une extrême lenteur. Lorsque l'argent constituant l'image est soumis à l'action d'un sel au maximum, il passe à l'état de chlorure sans qu'aucun dépôt métallique vienne le remplacer, aussi les détails de l'épreuve disparaissent-ils rapidement; au contraire, si l'argent de l'épreuve se trouve en présence d'un sel au minimum, il est remplacé par un dépôt de platine et l'image reste intacte en changeant de teinte.

L'opération du virage aux sels de platine demande un peu plus de soins que celle du virage à l'or. On doit laver les épreuves à l'abri de la grande lumière; il se forme, en effet, du chloroplatinite d'argent insoluble dans l'eau, très facilement réduit par la lumière et qui donne aux blancs une teinte jaune désagréable. Pour conserver aux blancs toute leur pureté, il est bon de plonger immédiatement les épreuves virées dans une grande cuvette d'eau salée, où on les laisse baigner suffisamment pour qu'elles perdent toute la solution de virage dont elles étaient imprégnées. Au lieu de sel marin, on peut employer le sulfite de soude à la dose de 20 grammes pour un litre d'eau ; on évite ainsi la formation d'un hyposulfite platineux qui, fortement coloré, produirait une teinte jaunâtre dans les blancs de l'image.

1192. Virages divers. — M. Balsamo [1] a recommandé l'emploi d'un bain d'acéto-nitrate de bismuth pour *virer* (?) les épreuves aux sels d'argent. On peut, par l'emploi du bain suivant, obtenir un changement de teinte de l'image : azotate acide de bismuth, 20 gr.; acide acétique, 100 c. c.; eau distillée, quantité suffisante pour faire 1 litre; on filtre le liquide ainsi préparé et l'on immerge l'épreuve pendant trois ou quatre heures dans ce bain; on lave avec soin et l'on fixe dans un bain d'hyposulfite et de sulfite de soude.

On peut produire des images colorées en rouge par l'emploi du nitrate d'urane. On lave à fond l'épreuve préalablement fixée, et pour éliminer complètement toute trace d'hyposulfite on la fait séjourner dans un bain d'alun, puis on la plonge dans un bain de ferricyanure de potassium à 2 %; on lave soigneusement pour éliminer le ferricyanure de potassium libre, et l'on fait passer l'épreuve (qui a presque complétement disparu) dans une solution de nitrate d'urane à 5 ou 10 %, où l'image réapparaît en rouge.

En remplaçant la solution de nitrate d'urane par une solution étendue de

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1863, p. 302.

perchlorure de fer l'image réapparaît en bleu opaque par suite de la formation de bleu de Prusse. On la rend plus transparente en dissolvant le chlorure d'argent formé par un bain d'hyposulfite de soude.

Ces divers procédés ne sont pas, à proprement parler, des virages; il en est de même des procédés de coloration qui donnent des images uniformément teintées; on obtient ce résultat en faisant passer les épreuves dans un bain contenant de 5 à 10 grammes de couleur d'aniline par litre d'eau. On emploie surtout le vert d'aniline pour obtenir des effets de nuit.

Mercier a désigné sous le nom de papiers iso-vireurs des papiers sensibles à l'argent ne contenant pas de sels d'or, d'iridium ou de platine, et susceptibles de prendre le ton photographique sans virage et après le fixage ordinaire ou par la seule action d'une chaleur modérée.

Les tartrates donnent de fort jolis tons pourpres rosés. Les citrates, les succinates et les oxalates donnent des tons analogues. On obtient des tons pourpre sépia en employant un bain de salage contenant : chlorure de sodium, 10 grammes; benzoate de soude, 20 grammes; oxalate neutre de potasse, 20 grammes; eau distillée, 1,000 c. c. Le papier salé sur ce bain est sensibilisé à l'aide d'une solution d'azotate d'argent à 12 %; il se conserve bien si on le fait flotter, quand il est sec, sur une solution semblable à la précédente, mais ne contenant pas de chlorure.

On peut aussi employer le bain suivant : chlorure d'ammonium, 30 grammes; oxalate neutre de potasse, 30 grammes; eau distillée, 1 litre; lorsque le papier est sec, on le sensibilise sur un bain contenant : nitrate d'argent, 120 grammes; acide borique, 10 grammes; chlorate de soude, 20 grammes; eau distillée, 1 litre. Lorsque le papier est sec, on le plonge de nouveau pendant une demi-minute dans un bain conservateur préparé avec 30 grammes de citrate de soude, 20 grammes de chlorate de soude et 1 litre d'eau distillée.

En additionnant d'émétique le bain de salage ou le bain conservateur on peut avoir de jolis tons rouge sanguine. On peut employer aussi bien les sels de fer que les sels d'urane, etc. Les formules suivantes permettent d'obtenir de bons résultats. Le papier encollé à l'arrowroot est mis à flotter pendant cinq minutes sur un bain de 30 grammes de chlorure d'ammonium, 10 grammes de pyrophosphate de fer et de soude récemment préparé et 1 litre d'eau; on le sensibilise sur une dissolution de 15 grammes de nitrate d'argent dans 1 litre d'eau. Pour conserver le papier, on le fait flotter quand il est sec sur un bain de 50 grammes de citrate de soude, 30 grammes de perchlorate de soude, 5 grammes d'acide citrique, 1 litre d'eau. Le papier insolé est plongé dans un bain de fixage à l'hyposulfite de soude contenant 30 grammes de sulfite de soude par litre : on obtient un ton violet noir.

Le chlorure d'urane introduit dans le bain de salage permet d'obtenir des teintes pourprées. On remplace dans la formule précédente les 10 grammes de pyrophosphate de fer et de soude par 10 grammes de chlorure d'urane, on sensibilise sur un bain contenant 150 grammes de nitrate d'argent, 1 litre d'eau et 20 gouttes d'ammoniaque. Le bain de conservation se prépare avec 30 grammes de citrate de soude, 10 grammes d'acide citrique, 10 grammes d'azotate d'urane, 10 grammes de chlorate de potasse et 1 litre d'eau. L'emploi du sulfite de soude dans le bain fixateur à l'hyposulfite est très utile à cause de l'acidité du bain de conservation.

On peut obtenir une teinte plus foncée que celle que présentent ces épreuves quand elles sont sèches : il suffit de les soumettre à l'action de la chaleur en promenant simplement à la surface de l'image un fer à repasser chaud.

Le phosphate, le chromate, l'arséniate et le molybdate d'argent donnent des papiers sensibles qui se colorent en noir à la lumière. Le bain de salage de Taylor (gomme laque et phosphate de soude (**581**) a été modifié par Mercier[1]; il emploie : eau, 1 litre; gomme laque blanche, 0gr50; phosphate de soude, 10 grammes. Ce papier est sensibilisé sur un bain contenant : nitrate d'argent, 120 grammes; acide borique, 10 grammes; chlorate de soude, 20 grammes; eau distillée, 1 litre. Le bain de conservation est composé de 30 grammes d'émétique, 20 grammes de chlorate de soude et 1 litre d'eau. L'impression de ce papier s'effectue très rapidement et les épreuves prennent un ton noir pur dès leur immersion dans le bain de fixage.

1193. Fixage. — Le bain de fixage doit réaliser plusieurs conditions importantes : il faut qu'il enlève au papier toute la substance impressionnable non modifiée, qu'il n'attaque pas les demi-teintes, et qu'il ne laisse sur l'épreuve aucune substance capable de réagir ultérieurement.

Les sulfites alcalins proposés par Abney pour fixer les images au chlorure d'argent ne sont pas employés dans la pratique; cependant il y a avantage à ajouter au bain fixateur (eau, 1 litre; hyposulfite de soude, 120 grammes,) une certaine quantité de sulfite de soude, par exemple 30 à 40 grammes. Si l'on a employé des bains de virage acides, il peut même être utile de porter la dose de sulfite à 100 grammes; dans ce cas on obtient des blancs d'une grande fraîcheur.

Au lieu de sulfite seul, M. Mercier préfère employer ce sel avec addition de chlorure de sodium. Le bain de fixage qu'il recommande renferme : eau, 1 litre; sulfite de soude, 30 à 50 grammes; sel marin, 30 à 50 grammes; hyposulfite de soude, 100 à 150 grammes. Si les épreuves sont imprimées sur papier albuminé rose et si l'on désire leur conserver cette teinte, on supprimera le sulfite du bain ci-dessus, et avant le fixage on lavera les épreuves avec la solution suivante : eau, 1 litre; bicarbonate de soude, 10 à 20 grammes; sel marin, 30 à 50 grammes.

Aux divers moyens proposés pour éliminer l'hyposulfite de soude qui reste dans les épreuves fixées et lavées (**568**) on peut ajouter le procédé suivant : dans un litre d'eau on ajoute quelques gouttes de teinture d'iode et 1 gramme d'iodure de potassium; on élimine ensuite la teinte bleue de l'iodure d'amidon qui se forme dans le papier en traitant les épreuves par une solution étendue de sulfite de soude.

Pour s'assurer que l'hyposulfite de soude est complètement éliminé, Carey

1. *Virages et fixages*, II, p. 45.

Lea a recommandé le traitement de l'eau de lavage par le zinc et l'acide sulfurique pur; le mélange est placé dans un flacon, et on couvre l'ouverture de ce flacon avec une feuille de papier mouillée légèrement par places d'une solution d'acétate de plomb. Si l'eau de lavage (qui doit être de l'eau distillée) ne contient pas d'hyposulfite, le papier ne noircit pas[1].

Le permanganate de potasse en solution est immédiatement réduit par l'hyposulfite de soude; mais si l'on traite l'eau de lavage par ce réactif, la réaction n'est concluante que si les sels solubles du papier sont éliminés aussi bien que l'hyposulfite lui-même. Abney et Robinson conseillent l'emploi d'une solution contenant 10 grammes de permanganate de potasse, 100 grammes de carbonate de potasse et 1 litre d'eau. L'emploi du carbonate de potasse est le plus souvent inutile. On place une petite quantité de l'eau à examiner dans un tube à essai et l'on y ajoute une goutte de la solution de permanganate; s'il y a de l'hyposulfite, la coloration violet rose disparaît. Il est bon de faire en même temps cet essai avec de l'eau pure employée pour le lavage.

§ 2. — PHOTOCOPIES SUR PAPIER A L'ÉMULSION.

1194. Épreuves au gélatino-chlorure par noircissement direct. — Les images au gélatino-chlorure d'argent par noircissement direct s'obtiennent très rapidement si l'on emploie une émulsion préparée de la manière suivante : A) dans 100 c. c. d'eau on fait dissoudre 20 grammes d'acide citrique et on ajoute une quantité d'ammoniaque suffisante pour ramener au bleu le papier de tournesol; B) dans 400 c. c. d'eau distillée on fait dissoudre 25 grammes de nitrate d'argent; C) dans 400 c. c. d'eau on fait dissoudre 7 grammes de chlorhydrate d'ammoniaque et on fait gonfler 25 grammes de gélatine; D) on fait une dissolution de 22 grammes de nitrate d'argent dans 100 c. c. d'eau distillée, on fait dissoudre à l'aide d'un bain-marie la gélatine de la dissolution C, et ce résultat étant obtenu on ajoute la solution D lentement en agitant continuellement, puis on verse dans le mélange la solution A et enfin la solution B. Si l'émulsion obtenue est trop granulaire, on la chauffe au bain-marie à la température de 80° C. pendant environ cinq minutes; on la laisse alors faire prise par refroidissement, on la force à passer à travers une toile à canevas, exactement comme s'il s'agissait de laver une émulsion au gélatino-bromure; on la lave dans une première eau pendant cinq minutes en agitant constamment les grumeaux d'émul-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1867, p. 264.

sion, on renouvelle plusieurs fois ce traitement et on recueille les parcelles d'émulsion qu'on fait égoutter avec soin ; on fait alors dissoudre cette émulsion et on la filtre sur du coton : elle est alors prête à être étendue sur papier.

Le papier sur lequel on étend cette émulsion est du *papier couché* des lithographes. On place l'émulsion dans une cuvette chauffée au bain marie, et on fait glisser la feuille de papier à sa surface; on peut aussi mouiller le papier, puis le placer sur une feuille de verre et le recouvrir d'émulsion, comme on le fait pour le collodio-chlorure d'argent.

L'émulsion au chloro-citrate est plus sensible aux rayons les moins réfrangibles du spectre que celle au chlorure seul. A une lumière faible, le papier préparé avec cette émulsion s'imprime plus rapidement que le papier albuminé. Cette sensibilité peut d'ailleurs être augmentée en faisant digérer l'émulsion à la chaleur, comme on le pratique pour l'émulsion au gélatino-bromure d'argent. Le papier émulsionné demande donc à être traité avec beaucoup de précautions : il noircit à une faible lumière, est facilement taché par des doigts malpropres ou humides. On peut cependant le conserver pendant plusieurs mois ; lorsqu'il prend une teinte rose ou brune, on peut encore en faire usage, parce que cette coloration disparaît par le virage et le fixage.

Le papier doit être coupé à la dimension de la glace qui porte le négatif, puis on le place dans le châssis-presse, en ayant soin de mettre au contact du verso du papier un matelas de feutre ou de papier buvard épais, de manière à l'empêcher de se déplacer, ce qui pourrait arriver s'il n'était fortement comprimé contre le négatif. Les meilleures épreuves s'obtiennent avec des négatifs légers, doux, bien détaillés et sans de trop grands contrastes. L'image doit être vigoureusement imprimée au sortir du châssis-presse ; les grands blancs doivent être légèrement teintés et les ombres nettement bronzées.

Le virage peut se faire à la manière ordinaire, mais il est utile de traiter les épreuves à l'alun avant de virer. Au sortir du châssis-presse on lave les épreuves en les plaçant face en dessous sur de l'eau pure jusqu'à ce qu'elles commencent à s'enrouler, on les immerge alors complètement, et l'eau est changée cinq ou six fois; on les retire de l'eau, on les fait égoutter et on les plonge dans un bain contenant 10 grammes d'alun de chrome pour un litre d'eau; à cette solution on ajoute de l'ammoniaque goutte à goutte jusqu'à ce qu'il se produise un trouble persistant, on filtre, et le bain est prêt à servir. La durée de l'immersion dans ce bain est de cinq minutes,

puis on lave avec soin pour éliminer l'alun, enfin on procède au virage. Le bain d'alun durcit la couche et l'empêche de se soulever dans les bains de virage contenant du sulfocyanure de potassium.

On obtient des tons d'un beau noir par l'emploi d'un bain de virage contenant 1 litre d'eau, 1 gramme de chlorure d'or, 20 grammes de bicarbonate de soude et 1 gramme de nitrate d'urane. Ce bain doit être employé immédiatement après sa préparation; il se décompose assez vite. Le fixage s'effectue dans une dissolution de 200 grammes d'hyposulfite de soude dans un litre d'eau; le bain est additionné de quelques gouttes d'ammoniaque.

On peut, avec ce papier, utiliser le bain de virage au platine, comme l'a recommandé Stieglitz. Si l'on imprime vigoureusement et que le virage soit poussé jusqu'au noir, si l'on fait sécher la couche de gélatine sur une surface mate, l'image ressemble absolument à celle que l'on obtient par l'emploi des sels de platine. Pour préparer ce bain de virage, on fait dissoudre 100 grammes d'oxalate neutre de potasse et 50 grammes de phosphate de potasse dans un litre d'eau distillée; d'autre part, on fait une dissolution de 1 gramme de chloroplatinite de potasse dans 20 c. c. d'eau distillée, on mélange six parties de la première dissolution avec une partie de la seconde.

On reconnaît que le bain de virage est trop concentré si l'épreuve vire plus rapidement sur les bords qu'au centre. Quelquefois, certaines portions de l'image refusent de virer : ce sont celles qui ont été touchées avec les doigts imprégnés d'hyposulfite ou de matières grasses, ou bien qui ont été lavées face en dessus. Dans ce cas, il peut se former un précipité à la surface de l'image. Les tons rosés sont produits par un séjour trop prolongé dans un bain de virage trop faible; les tons bleu ardoise proviennent d'un excès de virage; les tons verts sont dus à l'usage d'un bain trop vieux. La perte des détails dans le virage et le fixage est causée par un manque d'exposition à la lumière sous le négatif. En général, les tons obtenus sont moins délicats par un virage et un fixage faits successivement que lorsque ces deux opérations sont exécutées à l'aide d'un seul et même bain.

Un excellent bain de virage et fixage a été indiqué par Liesegang[1]; il contient : eau, 1000 c. c.; alun, 50 grammes; hyposulfite de soude, 125 grammes; azotate de plomb, 1gr5; sulfocyanure d'ammonium, 65 grammes; chlorure d'or, 0gr1. On prépare ce bain de la manière suivante : dans 200 c. c. d'eau on fait dissoudre l'hyposulfite de soude; dans 200 c. c. d'eau on fait dissoudre l'alun, on porte les deux liqueurs à l'ébullition et on les mélange; on laisse refroidir et l'on ajoute 50 c. c. d'eau contenant en dissolution l'azotate de plomb, on laisse déposer et l'on filtre; d'autre part, dans 400 c. c. d'eau on fait dissoudre le sulfocyanure d'ammonium; lorsque ces deux dissolutions sont limpides, on les décante, on les mélange et on leur ajoute le liquide obtenu en dissolvant 0gr1 de chlorure d'or dans 100 c. c. d'eau.

La formule suivante permet de préparer un bain qui agit très vite : eau, 1000 c. c.; hyposulfite de soude, 210 grammes; sulfocyanure d'ammonium, 22 grammes; acétate de plomb, 8 grammes; nitrate de plomb, 8 grammes; acide citrique, 8 grammes; chlorure d'or, 0gr8; lorsque le bain est clarifié par dépôt, on ajoute le chlorure d'or et l'on filtre. Si les bords de l'image

1. *Phot. Archiv.* 1891.

virent plus vite que le centre, c'est qu'il faut ajouter au bain une plus grande quantité d'eau [1].

Bayart [2] emploie une formule qui diffère peu de la précédente : eau, 1000 c. c.; hyposulfite de soude, 250 grammes; sulfocyanure d'ammonium, 27 grammes; alun en poudre, 7gr5; acide citrique, 7gr5; nitrate de plomb, 10 grammes; chlorure d'or, 0gr75.

Il est très important que le bain virant et fixant à la fois contienne une quantité suffisante d'hyposulfite de soude. En effet, l'hyposulfite double de soude et d'argent n'est stable à l'état dissous qu'en présence d'*un excès d'hyposulfite* de soude; dans le cas contraire, le sel double se décompose et le sulfure d'argent se dépose à la surface de l'épreuve. Par conséquent, sous le rapport de la conservation des épreuves, il est très utile d'opérer avec des solutions fraîches contenant une quantité suffisante d'hyposulfite de soude [3].

Pour obtenir une épreuve à surface mate, on applique la couche portant l'image encore humide contre une glace dépolie. Pour empêcher la gélatine de se coller à la glace, il est nécessaire de recouvrir la face dépolie d'une solution de 1 partie de cire jaune dans 3 parties de térébenthine chaude ou 3 parties d'éther. La solution est étendue sur la glace, qui est ensuite polie avec un morceau d'étoffe de laine. Le côté portant l'image est mis en contact sous l'eau avec la surface cirée, on la retire lentement, puis on la recouvre d'une toile caoutchoutée et on la frotte fortement de façon à chasser les bulles d'air.

Si l'on désire que l'épreuve terminée présente une surface brillante, il faut, pour le montage, faire usage d'une colle dont le dissolvant soit l'alcool ou la benzine.

1195. Épreuves au gélatino-bromure par développement. — M. Stolze [4] a constaté que l'iconogène permettait l'obtention de riches tons noirs quand la durée du temps de pose et le développement étaient combinés de telle façon que la réduction puisse se faire à fond sans devoir être arrêtée trop tôt. En général, les formules de révélateur à l'iconogène adoptées pour le développement des négatifs peuvent être également employées pour révéler les images sur papier au gélatino-bromure lorsque les solutions sont convenablement diluées; à la température de 20 à 25° C. on obtient de bons résultats par l'emploi de la formule suivante : eau,

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 264. — 2. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1891, p. 483. — 3. C. Fabre, *Annales du Conservatoire des Arts-et-Métiers*, conférence du 10 janvier 1892. — 4. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 363.

1000 c. c.; sulfite de soude, 24 grammes; iconogène, 4 grammes; carbonate de potasse, 24 grammes.

Il existe plusieurs formules de bains permettant de modifier la teinte des images obtenues sur papier au gélatino-bromure d'argent. L'emploi d'un bain de fer avec chlorure de potassium permet d'obtenir des tons d'un rouge chaud. On prépare trois solutions : A) eau, 1000 c. c.; oxalate de potasse, 330 grammes; B) eau, 1000 c. c.; chlorure de potassium, 130 grammes; C) eau, 1000 c. c.; sulfate de fer, 48 grammes; acide citrique, 4 grammes; bromure de potassium, 4 grammes. Le papier doit avoir été exposé à la lumière pendant un temps suffisant. On le plonge dans l'eau propre, puis dans le bain de développement formé de 1000 parties de A, 250 de B et 250 de C. Plus on ajoute de la solution B, plus le ton sera brun. On immerge ensuite l'épreuve dans le mélange d'eau et d'acide acétique ou citrique destiné à neutraliser l'alcali, on fixe et on lave comme à l'ordinaire.

Il est quelquefois utile de durcir la couche de gélatine des images sur papier (**596**). On emploie un bain composé de : eau, 1000 c. c.; acide tannique, 1 gramme; chlorure de sodium, 10 grammes; solution saturée d'alun de potasse, 100 c. c. Au sortir de ce bain les épreuves peuvent être épongées avec du papier buvard; on n'a pas à craindre leur détérioration. On peut rendre leur surface très brillante en les faisant sécher, soit sur une glace talquée, soit sur une feuille d'ébonite.

L'émulsion au gélatino-bromure étendue sur le papier peut, pendant les manipulations, se couvrir d'ampoules tout à fait comparables à celles que l'on observe sur le papier albuminé. On peut éviter ce défaut en se servant d'eau très froide pour les lavages qui suivent l'emploi des divers bains; après le développement de l'image on lave l'épreuve pendant quelques secondes dans deux bains d'eau, puis on la place pendant trois minutes, la gélatine en dessous, dans un bain contenant : eau, 1000 c. c.; alun, 60 grammes; sel commun, 30 grammes; carbonate de soude, 5 grammes. On laisse égoutter le papier, et sans lavage ultérieur, on le plonge dans un bain préparé avec 1 litre d'eau, 120 grammes d'hyposulfite de soude et 40 grammes d'alun. Ce bain doit être limpide au moment de l'emploi. Le fixage est fait en cinq minutes en été; il faut quinze minutes lorsque la température est peu élevée; on replace ensuite l'épreuve dans le premier bain d'alun sans la laver, et au sortir de ce dernier bain on élimine par des lavages les dernières traces d'alun.

Pour remédier à la teinte désagréable et faire disparaître en même temps les taches jaunes dont se couvre le papier bromuré quand la durée du développement est trop prolongée ou que le révélateur est trop coloré, M. Roden a indiqué le bain suivant : iodure de potassium, 50 grammes; chlorure d'or, 2gr5; eau, 1 litre. La solution est d'un brun foncé; on doit l'étendre d'eau jusqu'à ce qu'elle prenne une teinte jaune. Les épreuves fixées sont lavées avec soin et plongées dans ce bain qui les colore en bleu, tandis que les taches prennent une teinte pourpre; on les retire alors et on procède à leur lavage qui dure environ une heure; les taches disparaissent et l'image bleue devient noire.

On peut développer les épreuves positives sur papier à l'aide du

métol, comme l'a fait remarquer le Dr Just[1] : ce composé produit un développement lent, régulier, l'image est dépourvue de voile et les tons obtenus sont d'une belle coloration. Le métol peut être employé avec succès pour tous les papiers à développement, qu'ils soient préparés au bromure ou au chlorure d'argent.

Le mélange de métol et de sulfite de soude donne des images rouges ou brunes; la puissance de ce révélateur est augmentée par l'addition de carbonates alcalins. On prépare deux solutions de réserve : A) eau distillée, 1,000 c. c.; sulfite de soude neutre, 100 grammes; métol, 10 grammes; B) eau distillée, 1,000 c. c.; carbonate de potasse ou de soude, 100 grammes. Les tons sépia s'obtiennent sur papier au chlorure d'argent par l'emploi de 100 c. c. de solution A additionnée de 2 c. c. de solution de bromure de potassium à 10 %. Les tons rouges s'obtiennent en mélangeant 75 c. c. d'eau distillée et 6 gouttes de solution de bromure de potassium avec 25 c. c. de solution A. Ainsi donc, la dilution de la liqueur A, sans addition d'alcali, est pour les tons rouges de quatre fois son volume d'eau. Avec des additions d'alcali, on doit aller jusqu'à vingt volumes pour arriver au même résultat. Les tons sépia sur papier au chlorure d'argent peuvent être obtenus par l'emploi de la formule suivante : solution A, 6 c. c.; solution B, 1 c. c.; eau distillée, 84 c. c.; solution de bromure de potassium à 10 %, 10 gouttes. Pour obtenir des tons rouges on mélange : solution A, 6 c. c.; solution B, 1 c. c.; eau distillée, 140 c. c.; solution de bromure de potassium à 10 %, 7 gouttes.

Le révélateur au métol donne des images plus claires quand il a servi plusieurs fois. Comme on peut l'étendre d'eau à volonté, les vieux bains qui ont servi à développer les négatifs peuvent être utilisés pour les épreuves positives. Si le ton doit être d'un noir pur, il faut diminuer le temps d'exposition à la lumière; mais il faut ajouter un peu de bromure pour empêcher l'image de se voiler.

L'addition de prussiate jaune de potasse permet d'obtenir très facilement des images d'un noir foncé; on emploie : solution A, 60 c. c.; solution B, 20 c. c.; prussiate jaune de potasse, 5 grammes; bromure de potassium, 12 gouttes.

L'addition d'hyposulfite de soude au révélateur au métol produit un effet accélérateur comparable à celui qu'on observe avec l'oxalate de fer : 12 à 15 gouttes d'une solution à 1 % ajoutées à 100 c. c. de

1. *Phot. News*, 29 juillet 1892.

révélateur au métol activent son action et donnent des ombres plus profondes; la coloration des blancs ne se produit pas.

§ 3. — PHOTOCOPIES SUR VERRE.

1196. Divers modes d'impression. — Etant donné un phototype négatif, on peut l'imprimer par deux procédés différents : ou bien en mettant le négatif en contact de la surface sensible dans le châssis-presse, ou bien en reproduisant ce négatif à l'aide de la chambre noire. Le premier mode opératoire permet d'obtenir très rapidement une image, mais cette dernière est quelquefois altérée par suite d'un mauvais éclairage.

Le dispositif imaginé par Tondeur (**615**) a été modifié par Van Neck, qui a construit sous le nom de châssis rectographe un appareil permettant d'éviter les défauts occasionnés par l'emploi des appareils usuels. Sur le

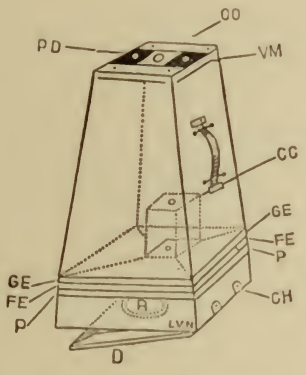


Fig. 111.

cadre rigide d'un châssis-presse ordinaire se trouve montée une pyramide tronquée (*fig. 111*) de 60 centimètres de haut, ayant à sa base inférieure $0^m20 \times 0^m28$. La base supérieure de cette pyramide creuse est constituée par une planchette percée à son centre d'une ouverture circulaire OO de 0^m06 de diamètre, sur laquelle on peut d'ailleurs placer des intermédiaires plus petits.

Cette ouverture circulaire peut être fermée par un obturateur à un seul volet. On peut placer devant elle un verre dépoli VM.

Devant la glace GE du châssis se trouvent des planchettes intermédiaires à ouvertures carrées. L'ouverture de la plus petite est environ $0^m8 \times 0^m8$. Sur les bords de cette ouverture se loge un prisme carré de 0^m1 de hauteur placé à l'intérieur du tronc de pyramide. La grandeur de la glace GE

est telle que toutes les parties du négatif du format demi-plaque puissent être amenées devant l'ouverture carrée de 0m8, ce qui permet d'imprimer en positive pour projections le haut, le bas ou les côtés du négatif.

Le mode de serrage de ce châssis diffère complètement de celui des appareils analogues. La planchette pliante est remplacée par un feutre épais collé à une planchette mince et maintenu par elle. Cette planchette porte au centre, et par conséquent au milieu de la plaque à imprimer, un ressort annulaire R sur lequel viendra presser la traverse de bois qu'on abat comme dans un châssis ordinaire. S'il s'agit d'imprimer des images stéréoscopiques, deux ressorts annulaires obéissant à une seule traverse donnent la pression aux centres des deux images. Ce châssis permet une détermination assez exacte du temps de pose. Grâce aux diaphragmes de l'ouverture, on peut diminuer l'intensité de la lumière qui impressionne la plaque et par suite prolonger l'exposition à la lumière pendant un temps relativement long.

On peut, à l'aide de ce châssis, imprimer l'image en interposant entre le

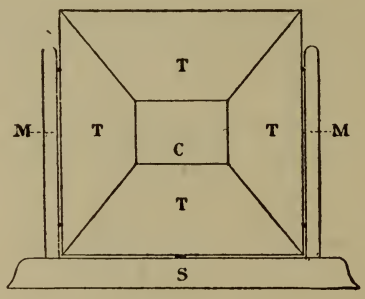


Fig. 112.

négatif et la plaque sensible une cache en papier noir bien mince, ce que l'on ne peut faire sans compromettre la netteté de l'image obtenue avec un châssis-presse ordinaire.

Si l'on veut reproduire le négatif à l'aide de la chambre noire, on doit employer un objectif couvrant nettement une surface égale à celle de l'image à reproduire, même quand cette image doit être réduite à un petit format. On peut opérer, soit à la lumière artificielle, soit à la lumière du jour. La lumière naturelle permet d'opérer plus rapidement; en outre, les meilleures conditions atmosphériques pour faire les positives par transparence sont précisément celles qui ne conviennent à aucun autre travail : ce sont, en effet, les jours pendant lesquels le ciel est couvert et brumeux qui sont les plus favorables. La lumière émise par une forte lampe à pétrole, par un bec de gaz, etc., modérée par une ou plusieurs plaques de verre dépoli placées sur le négatif, nécessite un temps d'exposition assez long. On peut employer soit la lampe à magnésium, soit la poudre-éclair (**1145**) et tous les procédés qui permettent d'obtenir un éclairage facile à régler suivant l'intensité du sujet à reproduire.

Quelle que soit la source d'éclairage employée, on place le négatif sur la petite base d'un tronc de pyramide (*fig. 112*) formé de quatre trapèzes en

carton recouverts soit de velours, soit de papier noir mat. Ce cadre est supporté par deux tiges de bois M fixées à une planche lourde S servant de socle. Le négatif est placé en C, le côté portant l'image tourné vers l'objectif. On place l'appareil ainsi disposé devant une fenêtre bien éclairée, garnie d'un verre dépoli, et l'on dresse la chambre noire, munie de son objectif, à la distance voulue devant le négatif; on opère exactement comme s'il s'agissait de reproduire une photographie ordinaire. Pour éviter complètement l'action des rayons lumineux autres que ceux qui ont passé par l'objectif, on étend sur la chambre et sur le cadre porte-négatif un voile noir; cette précaution est inutile si l'on se sert d'objectifs à court foyer : les lentilles sont suffisamment protégées par les bords du cadre.

La reproduction des positives à l'aide de la chambre noire et de l'objectif permet de corriger les déformations causées sur un négatif par l'inclinaison de la chambre noire; lorsqu'on reproduit ce négatif, il faut l'incliner par rapport à la verticale et faire basculer la glace dépolie de la chambre à reproductions jusqu'à ce que l'image des lignes verticales coïncide avec la série des lignes parallèles préalablement tracées au crayon sur la glace dépolie; on peut arriver à produire ainsi une positive ne présentant pas de déformation.

1197. Développement. — Les plaques employées pour obtenir les photocopies sur verre sont préparées soit avec de l'émulsion au gélatino-bromure, soit avec celle au gélatino-chlorure. On se sert de l'une des nombreuses solutions indiquées pour développer ces plaques. M. A. Cowan[1] a recommandé la formule suivante : eau, 1 litre; tartrate double de potasse et de soude, 50 grammes; sulfite de soude, 50 grammes; carbonate de lithine, 2 grammes; acide pyrogallique, 4 grammes. Cette solution demeure complètement incolore même lorsque plusieurs plaques ont été développées.

Le développement à l'iconogène est préféré par plusieurs opérateurs. Le révélateur préparé d'après la formule suivante donne des teintes d'un beau noir : eau, 1 litre; sulfite de soude, 60 grammes; iconogène, 30 grammes; carbonate de potasse, 30 grammes.

L'hydroquinone semble donner les meilleurs résultats comme développateur des plaques au gélatino-chlorure. On prépare le bain avec deux solutions de réserve : A) eau, 1,000 grammes; sulfite de soude, 100 grammes; acide citrique, 5 grammes; hydroquinone, 16 grammes; bromure de potassium, 2 grammes; B) eau, 1,000 c. c.; carbonate de potasse, 100 grammes; carbonate de soude, 100 grammes; on mélange par parties égales la quantité de ces deux solutions nécessaire pour le développement. Si l'épreuve est trop vigoureuse au sortir du révélateur, on la fait diminuer d'intensité en la plongeant dans un bain renfermant : eau, 1,000 c. c.; acide sulfurique, 50 grammes; sulfate de fer, 150 grammes; alun, 50 grammes. Quand l'affaiblissement de l'image n'a besoin d'être obtenu que dans une partie de l'épreuve, on opère avec un pinceau, en ayant soin d'avoir sous la main une cuvette pleine d'eau qui arrête l'action du liquide corrosif.

Le phosphate de soude employé dans le révélateur permet d'obtenir des

1. *Phot. News*, 1890, n° 1637.

images très brillantes. On prépare deux solutions : A) eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude, 125 grammes; phosphate de soude, 40 grammes; hydroquinone, 25 grammes; B) eau, 1,000 c. c.; carbonate de soude, 125 grammes; phosphate de soude, 40 grammes. Le révélateur se prépare en mélangeant une partie de la première solution, une partie de la seconde et une partie d'eau.

1198. Éclaircissement des photocopies sur verre. — L'intensité de l'image est quelquefois trop considérable après le développement; on peut affaiblir cette intensité soit en employant les moyens usités lorsqu'il s'agit de diminuer l'intensité d'un négatif (**451, 1175**), soit à l'aide du procédé suivant. On prépare une solution contenant 100 grammes de sulfate de cuivre, 100 grammes de sel marin et 1 litre d'eau; lorsque la dissolution est complète, on filtre et on ajoute 10 c. c. de cette liqueur à 100 c. c. d'eau placés dans une cuvette de porcelaine : la photocopie sur verre préalablement bien lavée est immergée dans cette cuvette, la couche de gélatine étant encore humide; on prolonge l'immersion pendant huit à dix minutes suivant l'intensité de l'image; on lave ensuite complètement et on plonge la plaque dans une solution renfermant 20 grammes d'hyposulfite de soude pour 1 litre d'eau : l'intensité de l'image diminue; on peut recommencer plusieurs fois ce traitement si l'image est encore trop intense.

Edwards préconise la formule suivante dont l'emploi permet d'éclaircir l'image : eau, 1 litre; alun, 60 grammes; acide citrique, 60 grammes; sulfate de fer, 180 grammes. L'action de ce bain doit être arrêtée assez vite.

1199. Virage et fixage des photocopies. — Le virage des photocopies sur verre s'effectue facilement s'il s'agit d'images obtenues sur couche de gélatino-chlorure ou de collodio-chlorure. On peut employer un bain fixant et virant en même temps; la formule suivante permet d'obtenir une belle teinte d'un pourpre violacé : eau, 2 litres; hyposulfite de soude, 250 grammes; chlorure de sodium, 30 grammes; phosphate de soude, 15 grammes; chlorure d'or, 1 gramme.

Les bains d'hyposulfite contenant de l'alun peuvent agir en sulfurant la couche d'argent précipité qui forme l'image [1] : la conservation de telles photocopies est des plus problématiques en présence de l'humidité de l'air.

M. A. Stieglitz [2] developpe la photocopie jusqu'à ce que l'image paraisse plus uniforme qu'elle ne doit l'être lorsqu'elle sera terminée; il fixe à l'hyposulfite de soude et lave la couche de manière à éliminer complètement l'hyposulfite. Le virage s'effectue à l'aide de trois solutions de réserve : A) nitrate d'urane, 10 grammes; eau, 1,000 c. c.; B) ferricyanure de potassium, 10 grammes; eau, 1,000 c. c.; C) perchlorure de fer, 10 grammes; eau, 1,000 c. c. Ces trois dissolutions servent à obtenir des tons brun chocolat, brun, rouge brun, rouge, bleu verdâtre, bleu.

Le ton brun chocolat s'obtient en mélangeant 100 c. c. de A et 10 c. c. de B. On plonge l'épreuve dans ce bain, où on la laisse séjourner jusqu'à

1. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1890, p. 336. — 2. *Phot. Times*, 22 janvier 1892.

ce que le ton voulu soit obtenu. Il faut examiner par transparence la glace toutes les dix ou quinze secondes; rarement l'opération dure plus d'une minute. La teinte voulue étant produite, on lave pendant quelques minutes et l'on fait sécher la glace sur un égouttoir. Le ton brun s'obtient en mélangeant 50 parties de A et 10 parties de B; avec parties égales de A et de B, on obtient un ton rouge brun, tandis que les tons rouges sont obtenus en prenant 10 parties de A et 20 parties de B. On opère toujours de la même manière, et si l'on veut conserver la pureté des grandes lumières, on ajoute quelques gouttes de solution de bromure de potassium à 10 pour 100.

Le ton bleu verdâtre s'obtient en virant d'abord dans parties égales des solutions A et B jusqu'à ce que l'on ait obtenu une teinte très foncée et très dense; on lave pendant trois ou quatre minutes, puis on plonge l'épreuve dans une dissolution formée de 1 partie de liqueur C et 5 parties d'eau; on laisse séjourner l'épreuve dans ce bain pendant au moins cinq minutes, puis on lave et on fait sécher. Si au lieu du mélange précédent on emploie la solution C sans addition d'eau et qu'on la laisse agir pendant cinq minutes, on obtient une belle teinte bleue qui est d'un charmant effet, spécialement pour les marines. Il suffit de laver la couche après cette opération.

Il est quelquefois utile (quand le ton obtenu n'est point satisfaisant) de ramener l'épreuve à sa coloration primitive. On y parvient en la plongeant pendant quelques secondes dans un bain faible de cyanure de potassium; on opère rapidement, et quand la teinte donnée par le virage a disparu, on lave avec soin et on peut procéder au virage qui s'effectue avec l'une quelconque des formules précédentes.

Les tons bruns et rouges peuvent être obtenus en traitant les glaces de la façon suivante : on lave complètement l'épreuve après le fixage, on la plonge dans une solution concentrée de bichlorure de mercure jusqu'à ce qu'elle ait blanchi, après quoi on la lave pendant dix minutes dans l'eau courante, puis on la colore en brun au moyen d'une solution concentrée de sulfite de soude, ou bien en rouge à l'aide d'une solution de carbonate de potasse. Les épreuves qui par le développement à l'hydroquinone ont pris une teinte jaune plus ou moins foncée peuvent être ramenées à une coloration normale à l'aide de ce procédé.

BIBLIOGRAPHIE.

Buguet (A). *Recettes photographiques*, 1892.

Coupé (l'abbé J.). *Méthode pratique pour l'obtention des diapositives au gélatino-chlorure d'argent.*

Fourtier. *Les Positifs sur verre*, 1892.

— *La Pratique des projections*, 1892.

Legros (V.). *L'Aristotypie*, 1891.

Liesegang (Dr P.). *Der Aristo-Druck.*

Mercier. *Virages et fixages ;* 2 volumes, 1892.

CHAPITRE II.

PHOTOCOPIES PAR L'EMPLOI DE DIVERS SELS MÉTALLIQUES.

§ 1. — PHOTOCOPIES AUX SELS DE PLATINE.

1200. Procédé par développement. — On peut préparer le papier au platine[1] en faisant flotter un papier convenable sur une solution de 15 grammes de gélatine, 5 grammes d'alun ammoniacal, 300 c. c. d'alcool méthylique et 1 litre d'eau; après un séjour de dix minutes sur ce bain, le papier est séché et on le sensibilise avec un mélange de 10 c. c. de chacune des solutions suivantes : A) chloroplatinite de potassium, 20 grammes; eau distillée, 100 c. c.; B) peroxalate de fer, 22 grammes; eau distillée, 100 c. c.; on termine les manipulations d'après les procédés habituels.

Le papier au platine peut devenir inutilisable par suite d'une trop longue conservation. M. Burton a montré qu'on pouvait améliorer un tel papier en additionnant d'hypochlorite de potasse le bain développateur à froid au carbonate de soude. L'hypobromite de soude donne de meilleurs résultats que le sel correspondant de potasse; on l'emploie en solution à 3 % en prenant 5 parties de cette solution et 1,000 parties d'une solution à 5 % de carbonate de soude. On emploie une quantité d'hypobromite quatre fois plus forte s'il s'agit d'un papier qui a vu la lumière.

1201. Procédé par substitution. — M. Clark[2] a indiqué un procédé au platine par substitution. L'image provisoire fournie au moyen d'un autre métal est remplacée à l'aide de réactions chimiques par une image en platine réduit à l'état de poudre noire. On prépare d'abord du papier salé à l'aide d'une solution contenant 18 grammes de gélatine, 12 grammes de chlorure d'ammonium, 24 grammes de carbonate de soude cristallisé, 6 grammes d'acide citrique et 1 litre d'eau. Le papier est placé sur cette solution tiède, on le fait sécher, puis on le sensibilise sur un bain renfermant 180 grammes de nitrate d'argent pour 1 litre d'eau; en cet état il ne peut être conservé que pendant deux jours. Les images sont imprimées vigoureusement, car le virage au platine en réduit un peu la vigueur; on lave et on vire dans un bain contenant 6 grammes de chloroplatinite de potassium, 1,000 c. c. d'eau et 1 c. c. d'acide nitrique. Les épreuves à l'argent immer-

1. *The British Journal of Photography*, 10 juin 1892. — 2. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1890, p. 524.

gées dans ce bain passent à une teinte brune, puis noire. On plonge deux ou trois épreuves à la fois dans le bain de virage et on les surveille attentivement. Quand elles présentent la teinte que l'on désire, on rince les épreuves à l'eau additionnée d'un peu d'ammoniaque : elles sont alors fixées dans un bain contenant 200 grammes d'hyposulfite de soude et 1 litre d'eau ; elles sont enfin lavées pendant plusieurs heures dans une eau courante.

Les épreuves ainsi obtenues diffèrent de celles produites par le procédé au platine pur ; elles ont cependant une belle teinte noire et un aspect plus artistique que celui présenté par les épreuves ordinaires.

Ce procédé ne diffère pas, en réalité, de ceux dans lesquels on emploie le chlorure de platine comme agent du virage des épreuves aux sels d'argent.

§ 2. — PHOTOCOPIES AUX SELS D'OR, D'IRIDIUM.

1202. Papier sensible au chlorure d'or[1]. — En mélangeant du chlorure d'or ou du chlorure d'iridium au bain de salage employé dans la préparation du papier albuminé, on obtient un papier qui vire par le seul emploi du bain de fixage à l'hyposulfite de soude. Mercier[2] recommande l'emploi de la solution suivante : chlorure d'or, 2gr,50 ; chlorure de sodium, 25 grammes ; solution de bicarbonate de potasse au vingtième, 100 c. c. ; eau distillée, quantité suffisante pour faire un litre. On peut aussi préparer un bain de salage bien neutre en remplaçant la potasse ou son bicarbonate par 10 grammes de craie en poudre, ou par une proportion convenable d'un sel alcalin quelconque, le benzoate de soude par exemple. Quelle que soit la formule adoptée, on porte le bain à l'ébullition jusqu'à ce qu'il soit décoloré et on filtre. Ces bains ne doivent pas précipiter par l'ammoniaque ou les sels ammoniacaux, ne pas se colorer par l'addition d'un bromure alcalin, et donner, avec le nitrate d'argent, un précipité très blanc au moment de sa formation : ces réactions caractérisent les sels d'or au minimum.

Le papier séché dans l'obscurité est sensibilisé sur un bain préparé avec 120 grammes de nitrate d'argent, 1 litre d'eau, 20 grammes d'azotate d'ammoniaque ; après dissolution, on ajoute 5 grammes d'ammoniaque liquide. Le papier reste presque blanc et la teinte jaune qu'il présente disparaît au fixage.

Après exposition à la lumière sous le négatif, on plonge directement les épreuves dans un bain de fixage au sulfocyanure d'ammonium ; on emploie : eau distillée, 1 litre ; sulfocyanure d'ammonium, 300 grammes. Si le virage se faisait mal, on ajouterait un peu d'acide citrique.

1203. Papier au chlorure d'iridium. — On peut ajouter au bain de salage du chlorure d'iridium au lieu de chlorure d'or. On plonge le papier dans : chlorure de sodium, 30 grammes ; chloridite de potasse, 5 grammes ; eau distillée, 1 litre ; on fait sécher et on sensibilise ce papier à l'aide du bain d'argent. Ce papier se fixe sans virer dans les bains de sulfocya-

1. Voyez *Bulletin de la Société française de photographie*, 1859, p. 303, et 1864, p. 184. — 2. *Virages et fixage*, t. II, p. 39.

nures ordinaires, ce qui permet de le distinguer facilement du papier au chlorure d'or.

§ 3. — PHOTOCOPIES ET PHOTOCALQUES AUX SELS DE FER.

1204. Papier au ferro-prussiate. — L'exposition à la lumière doit être prolongée pendant un temps assez long pour obtenir de bonnes épreuves au ferro-prussiate. L'addition d'acide oxalique dans le bain sensibilisateur permet, comme l'a montré M. Latimer[1], de raccourcir la durée de l'exposition à la lumière. On prépare trois solutions : A) eau, 1,000 c. c.; citrate de fer ammoniacal, 270 grammes; on ajoute quelques gouttes d'ammoniaque jusqu'à ce que cette solution prenne une légère odeur ammoniacale; B) ferrocyanure de potassium, 240 grammes; eau, 1,000 c. c.; C) solution saturée d'acide oxalique dans l'eau. Pour préparer le bain sensibilisateur, on mélange A et B par parties égales; à chaque 1,000 c. c. du mélange, on ajoute de 100 à 300 c. c. de la solution d'acide oxalique; cette addition doit être faite au moment même de se servir du bain. La solution contenant 300 c. c. d'acide oxalique donnera en dix minutes, par un temps très couvert, une épreuve complète; dans les cas ordinaires, il sera mieux de ne pas ajouter plus de 200 c. c. de la solution d'acide oxalique, sinon il serait difficile d'obtenir des lignes bien pures lors du lavage.

1205. Impression en noir sur fond blanc. — M. E. Goods emploie le perchlorure de fer et l'acide tartrique pour obtenir des images en noir sur fond blanc. On fait une dissolution contenant : eau, 1,000 c. c.; gélatine, 33 grammes; perchlorure de fer, 65 grammes; acide tartrique, 32 grammes; sulfate de zinc, 32 grammes; lorsque le papier est sec, on procède au tirage. Il faut exposer jusqu'à ce que la couleur verdâtre du papier ait disparu sous les parties claires du négatif. On plonge alors le papier dans le bain suivant : eau, 1,000 c. c.; alcool méthylique, 200 c. c.; acide gallique, 20 grammes. Si le temps de pose a été exact, l'image apparaît après trois minutes environ; elle est noir foncé sur fond blanc. Lorsqu'il y a manque de pose, le fond reste coloré, et s'il y a surexposition les lignes sont grises.

1206. Procédé callitype. — Un papier de belle qualité est enduit d'une solution de citrate, de tartrate, d'oxalate de fer ou d'un mélange de ces trois sels; le papier est séché, puis exposé sous un négatif jusqu'au moment où se forme une faible image, exactement comme s'il s'agissait d'obtenir une épreuve par les sels de platine; cette image est alors développée dans une solution contenant 100 grammes de citrate de soude, 15 grammes de nitrate d'argent, 1,000 c. c. d'eau et une quantité suffisante d'ammoniaque pour empêcher la production d'un précipité d'argent. On obtient de meilleurs résultats, d'après Bothamley[2], en réduisant la quantité de nitrate d'argent à 10 grammes. Après développement, l'épreuve est immergée d'abord dans une solution contenant 200 grammes de tartrate

1. *The Phot. Times*, 1890, p. 445. — 2. *Paris-Photographe*, 1891, p. 238.

ou d'acétate de potasse pour 1,000 c. c. d'eau ; ce bain doit être rendu fortement alcalin par l'ammoniaque ; puis on le plonge successivement dans deux bains d'une solution diluée de citrate de soude légèrement ammoniacale ; finalement l'épreuve est lavée à l'eau.

On peut introduire le sel d'argent dans le papier au lieu de le mettre dans le développateur. Le papier est imbibé d'une solution d'oxalate ferrique, nitrate ferrique, oxalate d'argent et acide nitrique ; on expose jusqu'à ce que les plus grands noirs du phototype se montrent légèrement, et on développe dans un bain révélateur dont la composition varie suivant la teinte que doit présenter l'image. On produit des épreuves de couleur noire en les plongeant dans une solution contenant 100 grammes de sel de Seignette (tartrate double de soude et de potasse), 100 grammes de borax et 1,000 c. c. d'eau. Les photocopies pourpres s'obtiennent en réduisant la dose de borax à 20 ou 50 grammes. Les images de couleur sépia sont produites par l'emploi d'un bain contenant 50 grammes de sel de Seignette, 12 gr. 5 de borax et une petite quantité d'acide chlorhydrique. Quel que soit le développateur adopté, il est indispensable de l'additionner d'une petite quantité d'une dissolution de bichromate de potasse. Pour enlever l'excès de sel d'argent que contient le papier, on fait plonger l'image dans un bain contenant 1,000 c. c. d'eau et 12 c. c. d'ammoniaque concentrée.

Les images peuvent être révélées à l'aide de bains plus dilués. On peut employer la solution suivante : nitrate d'argent, 10 grammes ; citrate de soude, 50 grammes ; bichromate de potasse, 0gr2 ; eau distillée, 1,000 c. c. ; ammoniaque, 6 c. c. Après le développement, les épreuves sont immergées dans un premier bain contenant : eau, 1,000 c. c. ; citrate de soude, 100 grammes ; solution développatrice, 3 c. c. Le second lavage s'effectue dans une solution de 40 grammes de citrate de soude, 80 c. c. d'ammoniaque et 1,000 c. c. d'eau ; on termine par plusieurs lavages à l'eau ordinaire.

Les épreuves obtenues par ce procédé ressemblent à celles que fournit le papier salé au chlorure d'argent. Ce procédé callitype n'est en somme qu'une variante de celui que Van Monckhoven fit connaître en 1863 sous le nom de « tirage des positifs au peroxalate de fer[1]. » Il se servait (**645**) de papier encollé à la gélatine et les formules qu'il utilisait différaient peu des précédentes. Il est évident que les principes du procédé de tirage aux sels de platine et ceux du procédé callitype sont entièrement contenus dans la publication que Van Monckhoven a fait de ce mode de tirage.

§ 4. — PROCÉDÉ AUX SELS DE MANGANÈSE, DE COBALT, ETC.

1207. Emploi des sels de manganèse. — MM. Lumière ont constaté que lorsqu'on ajoute peu à peu jusqu'à décoloration un acide organique à une solution concentrée de permanganate de potasse, on

1. *Bulletin belge de la photographie*, 1863, p. 290.

précipite une substance noire dont la composition n'a pas encore été déterminée d'une façon très précise, mais qui paraît être un oxyde manganique. Le précipité, lavé avec soin et desséché, se dissout dans les acides organiques pour donner des solutions brunes ou rouges foncées qui présentent tous les caractères des sels manganiques.

Si sans laver le précipité noir d'oxyde on continue à introduire dans la liqueur une plus grande quantité d'acide, ce précipité se redissout en donnant une liqueur colorée dont les propriétés sont les mêmes, au point de vue des applications photographiques, que celles des sels préparés au moyen de l'oxyde préalablement isolé. Additionnées de réducteurs, ces solutions se décolorent rapidement sous l'influence de la chaleur ou de la lumière.

Les autres permanganates alcalins, ainsi que les manganates, donnent lieu aux mêmes réactions.

Le précipité obtenu par l'action de l'acide oxalique sur le permanganate de potasse se redissout en présence d'un excès d'acide : la liqueur est d'un rouge foncé, le papier imprégné de cette solution est sensible à la lumière; quelques secondes d'exposition au soleil suffisent pour le décolorer complètement; mais il est peu soluble dans l'eau et le papier retient trop peu de matières pour qu'il soit possible de l'employer dans la pratique.

Avec l'acide citrique on obtient un précipité assez soluble donnant une solution jaune, mais peu sensible à l'action de la lumière. L'acide tartrique donne une solution brune assez sensible à la lumière.

L'acide lactique permet de préparer une bonne liqueur sensible. On l'obtient en traitant 3 grammes de permanganate de potasse par 6 c. c. d'acide lactique et en prenant la précaution de refroidir le récipient dans lequel la réaction s'accomplit : le papier enduit de cette préparation sèche difficilement. Pour augmenter la sensibilité de la préparation il convient de l'additionner de formiates alcalins; on emploie la formule suivante : eau distillée, 50 grammes; permanganate de potasse, 6 grammes; on ajoute peu à peu : acide lactique ($d = 1{,}225$), 16 c. c.; puis formiate de potasse, 3 grammes. La solution de permanganate est introduite dans un ballon que l'on refroidit à 15° par un courant d'eau froide. Après que la réaction s'est accomplie, la liqueur est filtrée et versée dans une cuvette placée dans un laboratoire éclairé par la lumière artificielle, telle que la lumière du gaz. On fait alors flotter à la surface du liquide une feuille de papier

légèrement gélatiné; après une minute de contact, on enlève l'excès de solution sensible en plaçant la feuille entre des papiers buvards, puis on la fait sécher à l'abri de la poussière et de la lumière. L'exposition a lieu sous une image positive. Si l'on a bien opéré, la durée de l'impression est plus longue que celle du papier albuminé. Quand les grands blancs de l'épreuve sont complètement décolorés, on immerge l'image dans une solution à 5 % de chlorhydrate de paramidophénol; quand l'image présente l'intensité convenable, on élimine par un lavage les divers sels solubles qui imprègnent le papier, ce qui n'exige que quelques minutes, on enlève la teinte jaunâtre de l'image à l'aide d'une solution faible d'acide chlorhydrique.

Les épreuves sont diversement colorées suivant le développement employé. MM. Lumière ont indiqué sommairement dans un tableau (page 284) les colorations auxquelles peuvent donner lieu quelques-uns des plus importants développateurs. En combinant deux ou plusieurs réactifs indiqués dans ce tableau, il est possible d'obtenir des réactions colorées intermédiaires qui, suivant les proportions, se rapprochent plus ou moins de celles qu'aurait donné chacun des réactifs, mais à condition que les développateurs mélangés ne réagissent pas l'un sur l'autre.

Les épreuves développées avec les sels d'aniline sont détruites très rapidement par les rayons solaires, tandis que celles que donne le chlorhydrate de paramidophénol possèdent une inaltérabilité remarquable. Le précipité qui se produit dans une solution de lactate manganique, lorsqu'on l'additionne de chlorhydrate de paramidophénol, est constitué par une substance brune, peu soluble, ne contenant pas de manganèse.

Lorsqu'on projette un spectre sur papier gélatiné, sensibilisé à l'oxalate manganique, on peut remarquer que le maximum de réduction a lieu entre le jaune et le vert. Si le temps d'exposition est suffisant, l'impression peut s'étendre à toute la partie visible du spectre. La courbe de l'actinisme coïncide presque avec celle des intensités lumineuses, à cette différence près que le maximum d'action chimique est un peu déplacé du côté des rayons les plus réfrangibles et reportés entre D et E[1].

M. Harrisson a proposé l'emploi du chlorate de manganèse. Il obtient ce sel en mélangeant deux solutions : A) sulfate de manganèse,

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892.

RÉACTIFS.	COLORATION DE L'ÉPREUVE DÉVELOPPÉE.	COLORATION QUE PREND L'ÉPREUVE DÉVELOPPÉE SOUS L'ACTION DE L'ACIDE CHLORHYDRIQUE.	COLORATION QUE PREND L'ÉPREUVE DÉVELOPPÉE SOUS L'ACTION DE L'AMMONIAQUE.
Aniline (ou ses sels, chlorhydrate, sulfate, etc.).	Vert, les blancs de l'épreuve sont ternes.	L'épreuve reste verte, les blancs deviennent plus purs.	Bleu violacé intense.
Toluidine (para).	Rouge, un peu soluble dans l'eau, l'épreuve s'affaiblit dans le lavage.	Rien.	Jaune sale.
Toluidine (ortho).	Vert.	Rien.	Violet un peu soluble.
Xylidine para).	Rouge violacé, puis gris violet, fonds colorés, image faible, soluble.	Rien.	Rouge jaune pâle soluble.
Xylidine du commerce.	Jaune brun, peu d'intensité.	Violet pâle, la coloration s'affaiblit au lavage.	Jaune.
α Naphtylamine (chlorhydrate).	Gris bleu.	Bleu.	Rien.
β Naphtylamine (chlorhydrate).	Noir.	Noir brun.	Rougeâtre.
Sulfate de diphénylamine.	Vert foncé, puis vert pâle jaunâtre.	Rien.	Brun.
Benzidine (chlorhydrate).	Bleu extrêmement intense.	Brun jaune. la coloration redevient bleue par lavage.	Jaune, affaiblissement marqué, la coloration redevient bleue par lavage.
Toluidine (chlorhydrate).	Bleu intense.	Jaune rouge soluble.	Jaune pâle.
Paraphénylène diamine (chlorhydrate).	Vert, puis bleu et enfin noir s'affaiblissant peu à peu.	Brun pâle.	Jaune rouge faible.
Métaphénylène diamine (chlorhydrate).	Brun clair.	Brun rouge.	Jaune clair.
Toluidène diamine (chlorhydrate).	Brun peu intense.	Rien.	Jaunâtre.
Acide sulfophénique.	Jaune pâle.	Rien.	Gris très faible.
Gaïacol.	Orangé.	Rien.	Gris peu intense.
Résorcine.	Jaune pâle.	Gris peu intense.	Gris.
Paramidophénol (chlorhydrate ou sulfate).	Brun, ton photographique.	Brun rouge.	Violet intense.
Orthoamidophénol (chlorhydrate).	Jaune.	Rouge soluble dans l'eau.	Rien.
Acide protocatéchique.	Les noirs ne viennent pas, les fonds se colorent en violet, l'épreuve tend à être négative-voilée.	L'épreuve disparaît.	Rouge violacé.
Phloroglucine.	Jaune très pâle.	Disparaît.	Rien.
Acide pyrogallique.	Noir violet intense. Épreuve voilée.	Jaune pâle.	Rouge violet intense.
Iconogène.	Verdâtre.	Brun.	Rien.
Acide amidobenzoïque.	Jaune faible.	Jaune rouge soluble dans l'eau.	Rien.

40 grammes; eau, 1,000 c. c.; B) chlorate de baryte, 60 grammes; eau, 1,000 c. c. : il se forme un précipité blanc de sulfate de baryte qu'on laisse déposer, on décante et on applique le liquide clair au pinceau sur une feuille de bon papier, on passe au besoin deux couches; par exposition au soleil on obtient une épreuve d'un bleu foncé[1].

1208. Emploi des sels de cobalt. — En traitant à froid le sesquioxyde de cobalt du commerce par une solution concentrée d'acide oxalique, MM. Lumière ont obtenu une liqueur verte qu'ils considèrent comme une solution d'oxalate cobaltique, suffisamment stable pour être utilisée photographiquement. Si l'on imprégne une feuille de papier gélatiné de cette solution et qu'on la fasse sécher rapidement dans l'obscurité, la couche de gélatine reste colorée en vert et le papier ainsi obtenu est très sensible à la lumière : le sel cobaltique vert passe à l'état de sel cobalteux rose. Après avoir exposé à la lumière sous un positif une feuille de papier ainsi préparée, il s'agit, comme dans les procédés aux sels manganiques, de différencier par un réactif convenable le sel cobaltique du sel cobalteux, de façon à accentuer l'épreuve et à la fixer.

L'oxalate cobaltique possédant des propriétés oxydantes moins nettes que celles présentées par les sels manganiques, le développement ne peut être effectué avec les substances qui donnent de bons résultats lorsqu'on emploie les sels de manganèse. MM. Lumière n'ont pu développer et fixer les images aux sels de cobalt que par l'hématoxyline et la benzidine ou la toluidine et leurs chlorhydrates. L'hématoxyline donne une épreuve bleue violacée, virant au rouge par l'acide chlorhydrique. La benzidine, la toluidine et leurs chlorhydrates, oxydés par le sel cobaltique dans les points non réduits par la lumière, donnent des colorations bleues intenses, que l'ammoniaque fait virer au brun et l'acide chlorhydrique au jaune pâle.

L'emploi des sels cobaltiques offre de nombreuses difficultés : la substance sensible s'altère très rapidement et le papier ne se conserve que quelques jours. Les réactifs développateurs sont peu nombreux; la gamme des tons qu'ils fournissent est peu étendue et ces épreuves n'ont pas la stabilité de celles que donnent les préparations manganiques; mais ces sels sont relativement très sensibles à la lumière, ce qui pourrait constituer un avantage précieux quand on aura découvert un bon révélateur.

§ 5. — PROCÉDÉS DIVERS.

1209. — Photographie aux sels de chrome. — Artigues a obtenu de belles épreuves par l'emploi du bichromate de potasse et de l'amidon[2]. On fait une solution de colle d'amidon plus fluide que celle employée pour le montage des épreuves; on incorpore dans cette colle une matière colo-

1. *Photo-gazette*, 1892, p. 215. — 2. *L'Amateur photographe*, 1891, p. 196.

rante finement broyée, et à l'aide d'une brosse en blaireau on en recouvre la surface d'une feuille de papier blanc; on laisse sécher. Ce papier se conserve fort longtemps à l'abri de l'humidité. Pour le rendre sensible à la lumière, on le fait flotter pendant cinq à six minutes, du côté non préparé, sur un bain de bichromate de potasse assez concentré, par exemple 120 grammes de bichromate de potasse dissous dans 1,000 c. c. d'eau, on laisse sécher dans l'obscurité; on expose ensuite le papier sous un négatif, pendant trois minutes au soleil, une heure à l'ombre par un temps couvert, on développe l'image à l'eau chaude, on lave abondamment afin d'éliminer tout le bichromate. On peut mélanger à l'eau chaude de la sciure de bois, ou bien passer un blaireau sur l'épreuve pour activer le développement (**683**).

1210. Procédés diazotypes. — MM. Green, Cross et Bevan ont découvert, dans un dérivé de la primuline, un corps diazoïque assez sensible à la lumière pour pouvoir être utilisé en photographie. Les amines primaires peuvent être transformées en corps diazoïques facilement décomposables; il suffit de faire agir l'acide nitreux. Si l'on prend un de ces corps fraîchement préparé en dissolution aqueuse et qu'on y ajoute une amine ou un phénol également dissous, il se forme immédiatement un abondant précipité de matières colorantes azoïques dont la teinte peut être jaune-orangé, rouge-violet ou bleu, suivant les cas. Presque tous les corps diazoïques se décomposent au bout d'un certains temps par l'action de la lumière; ils abandonnent de l'azote et perdent ainsi la faculté d'engendrer des matières colorantes [1].

La primuline, qu'on appelle aussi auréoline, jaune-caméléon, sulfine, polychromine, thiochromogène, est le sel de soude de l'acide sulfiné d'une amine primaire appelée dihydrothioparatoluidine; c'est une poudre jaune, soluble dans l'eau, teignant facilement le coton, la soie, le papier, et lorsqu'elle est ainsi fixée, elle peut subir diverses réactions. Pour obtenir des images photographiques, on opère de la manière suivante :

On fait dissoudre au bain de sable 10 grammes de primuline dans 320 c. c. d'eau bouillante, on décante le liquide. Ce bain de teinture est maintenu chaud et on s'en sert pour teindre du papier ou du calicot, ce qui n'exige que quelques minutes. Par égouttage et lavage à l'eau on enlève l'excès du colorant, et la substance teinte est plongée dans un bain contenant 1 litre d'eau, 6 grammes de nitrite de soude et 14 c. c. d'acide chlorhydrique. Le corps diazoïque se forme et la teinte passe au brun rougeâtre; on lave à l'eau et on fait sécher dans l'obscurité. La surface sensible est ainsi préparée : on l'expose au châssis-presse, sous le dessin à reproduire. La durée de l'exposition est plus courte que celle nécessitée par le papier albuminé au chlorure d'argent; dans les parties insolées, la couleur vire au jaune pâle.

Les parties qui n'ont pas été atteintes par la lumière sont susceptibles de fournir par le bain de développement une matière colorante; on produit donc un positif avec un positif. On emploiera différents bains, suivant la couleur à obtenir.

1. *Phot. Wochenblatt*, 1890, pp. 345, 356, et *Phot. Archiv.*, 1890, p. 321.

Le bain destiné à fournir la teinte rouge s'obtient en dissolvant 6 grammes de soude ou de potasse caustique dans 10 c. c. d'eau, on triture ce liquide dans un mortier avec 4 grammes de β-naphtol, puis on ajoute assez d'eau pour faire 480 c. c.

La teinte orange s'obtient à l'aide d'un bain contenant 3 grammes de résorcine, 480 c. c. d'eau et 5 grammes de soude ou de potasse caustique.

Une belle couleur pourpre est obtenue par l'emploi d'un bain de 6 grammes d'acide chlorhydrique, 6 grammes d'α-naphtylamine, 480 c. c. d'eau.

Un bain de 6 grammes d'iconogène et 480 c. c. d'eau produit des épreuves d'une belle couleur noire.

Si l'impression s'effectue sur étoffe, il faut prendre certaines précautions que l'on observait autrefois lorsque l'on faisait des photographies sur soie. Cooper [1], pour éviter le déplacement de l'étoffe lorsqu'on examine la venue de l'image, se servait d'un carré de carton très uni et un peu plus grand que le morceau de soie qu'on y fixait par ses quatre coins au moyen de quelques morceaux de papier gommé ; de cette manière, l'opérateur pouvait suivre la marche de l'impression sans déranger le tissu. On doit opérer ainsi avec toutes les étoffes qui, par suite de leur souplesse, se déplacent facilement dans le châssis-presse.

Lorsque l'exposition à la lumière est jugée suffisante, on plonge l'épreuve dans le bain de développement, on lave et on fait sécher. Les images obtenues possèdent presque toujours un fond jaunâtre. On peut obtenir diverses teintes sur la même épreuve en appliquant le développateur à l'aide du pinceau.

M. Feer a mis à profit une autre propriété des corps diazoïques : ils forment avec le sulfite de soude des sels diazosulfoniques bien cristallisés dans lesquels les propriétés des combinaisons diazoïques sont complètement masquées. Si on mélange ces sels avec une amine ou un phénol, on obtient des liquides incolores que l'on peut étendre à la surface d'une feuille de papier. Après séchage dans l'obscurité, si on expose à la lumière, le groupe diazoïque étant mis en liberté exerce son effet ordinaire sur l'amine ou le phénol et donne naissance à une matière colorante qui se fixe sur la fibre du papier. Après exposition à la lumière, il suffit de laver l'image avec une certaine quantité d'eau qui enlève immédiatement l'excédent du mélange primitif : on obtient une épreuve colorée positive si l'on a insolé sous un négatif.

On obtient des images rouge écarlate avec le sel diazosulfonique de la pseudocumidine avec une solution de β-naphtol dans la soude. Si on remplace le β-naphtol par l'α-naphtylamine, on obtient des images violettes, tandis qu'avec la résorcine on obtiendra des images oranges. Les fonds obtenus sont parfaitement blancs.

1211. Procédés de M. Villain. — M. Villain [2] a utilisé la particularité que présentent les sels de chrome de se transformer et de se fixer à l'état de mordant sur les tissus et sur les papiers, sous l'action de la lumière, pour obtenir des épreuves de teintes diverses, qu'il considère comme offrant une

1. *Répertoire encyclopédique de photographie*, 1864, p. 350. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 336.

grande résistance à l'action de la lumière, des alcalis, des acides; il a fait observer qu'en teinture ces produits donnent sur tous les tissus des teintes diverses considérées comme inaltérables.

M. Villain[1] emploie comme sel sensible le bichromate d'ammoniaque, auquel il ajoute du métavanadate d'ammoniaque; la solution renferme : eau, 1,000 c. c.; bichromate d'ammoniaque, 50 grammes; métavanadate d'ammoniaque, 5 grammes; on plonge dans ce bain la feuille de papier ou le tissu à sensibiliser; on fait sécher à une température qui ne doit pas dépasser 25°, car à 30° on constate que l'image commence à se voiler.

On expose la surface sensible sous un négatif, et, lorsque les détails de l'image paraissent suffisamment imprimés, on lave à l'eau distillée pour éliminer le sel de chrome non décomposé. L'épreuve peut être conservée en cet état; il n'y a qu'à la mouiller en la trempant dans l'eau chaude quand on veut procéder à la teinture. L'image bien lavée est placée dans le bain de teinture formé avec la matière colorante choisie, on amène ce bain à la température de l'ébullition. Si l'épreuve présente des blancs légèrement voilés, on la plonge dans un bain chaud de savon et de carbonate de soude ou dans un bain froid de chlorure de chaux additionné de quelques gouttes d'acide chlorhydrique, on élimine les dernières traces d'acide par un bain faiblement alcalin dans lequel on plonge l'épreuve terminée. Les matières colorantes recommandées par M. Villain sont : les alizarines artificielles, la galloflavine, la purpurine, l'orange, le jaune, le marron et le vert d'alizarines, l'alizarine bleu indigo, la galléine, la céruléine. Tous ces produits peuvent se mélanger entre eux et fournir une gamme très variée de nuances très solides.

1. *Paris-Photographe*, 1892, p. 293.

CHAPITRE III.

PHOTOCOLLOGRAPHIE.

§ 1. — PHOTOTIRAGES DIRECTS SUR GLACE OU SUR ZINC.

1212. Matériel. — Le développement considérable pris par la photocollographie dans ces dernières années a fait perfectionner le matériel employé dans cette industrie basée sur l'utilisation de la gélatine bichromatée. La

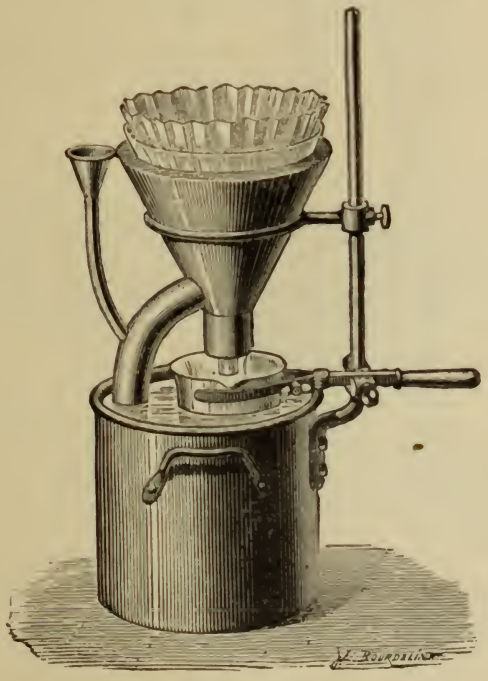


Fig. 113.

préparation des mixtions sensibles exige l'emploi d'un bain-marie permettant de maintenir la dissolution de gélatine à une température convenable. Le bain-marie à support pour filtration à chaud (*fig. 113, 114*) permet

de réaliser plusieurs avantages, parmi lesquels nous signalerons les suivants : le vase de verre destiné à recevoir la mixtion peut rester en équilibre, bien que vide, dans le bain-marie, grâce à la poignée qui permet de verser le liquide dans l'entonnoir ou sur les plaques de verre ; l'opérateur n'a plus à craindre de se brûler les doigts quand il retire le récipient du bain-

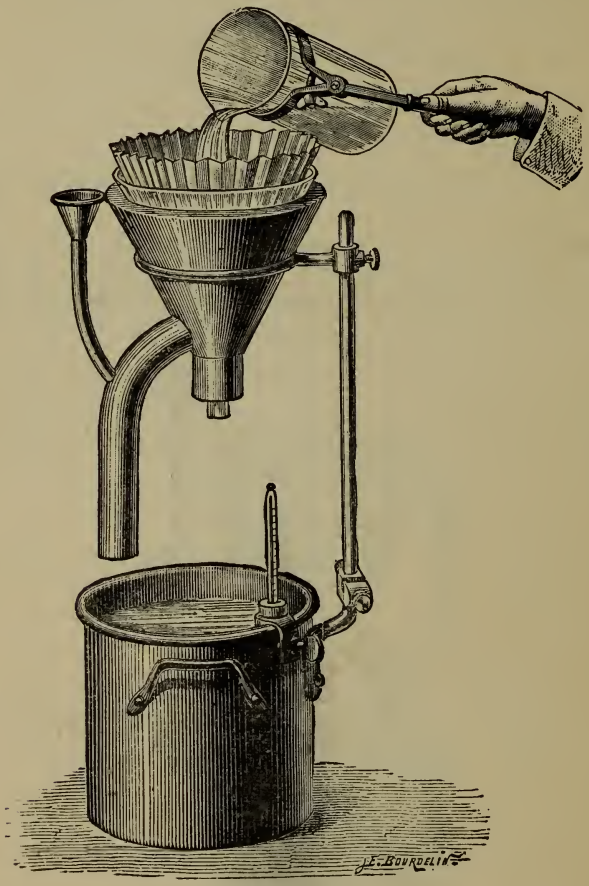


Fig. 114.

marie. La gélatine qui filtre est recueillie sans avoir à subir le moindre refroidissement. Un petit support maintient un thermomètre dans le bain-marie : on peut donc en contrôler la température pendant les opérations. Lorsque la gélatine est à la température convenable, on élève l'appareil à filtrer le long de la tige, on met de l'eau chaude du bain-marie dans le petit entonnoir de cuivre, puis on prend par la poignée le verre de Bohême dans lequel se trouve la gélatine et on la verse dans l'entonnoir ; aussitôt après on replace le verre vide dans le bain-marie pour recevoir la gélatine filtrée.

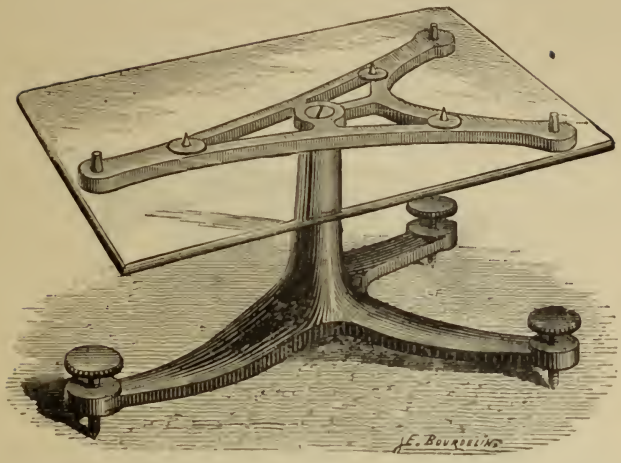


Fig. 115.

Il est indispensable que l'extrémité de la douille de l'entonnoir soit taillée en biseau et qu'elle plonge jusqu'au fond du verre de Bohême, ou bien qu'elle soit appliquée contre la paroi de celle-ci ; si l'on n'observe pas

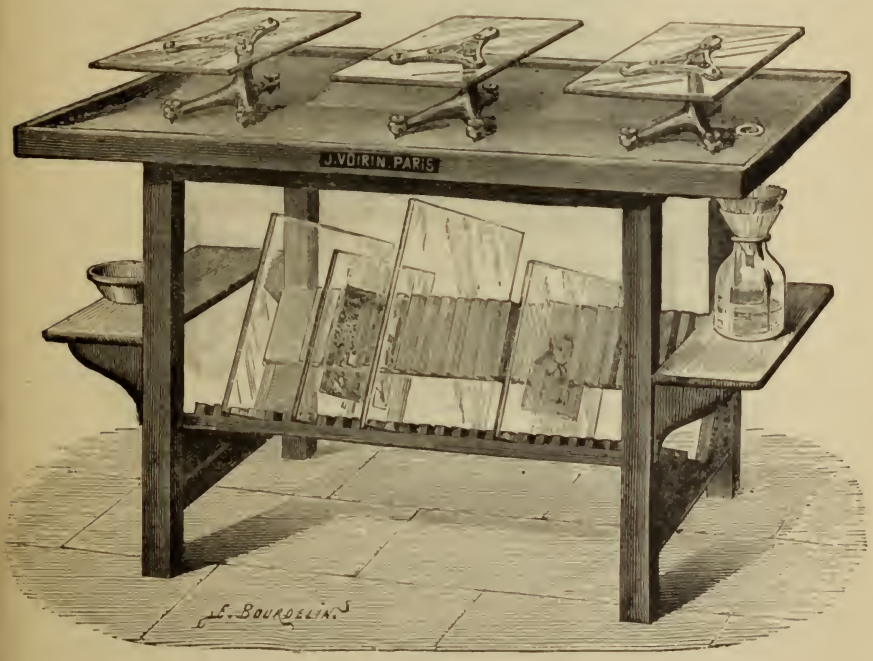


Fig. 116.

cette précaution, les planches seront couvertes de bulles, formant des taches.

Quand on opère sur dalle de verre, on recouvre d'abord la glace d'une première couche de silicate de potasse (**724**) ou d'albumine bichromatée.

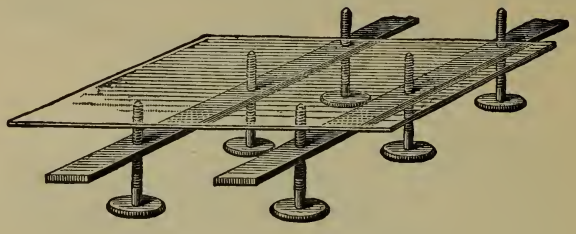


Fig. 117.

Certains opérateurs donnent la préférence à ce mode opératoire ; les uns préfèrent sécher la couche à l'air libre, d'autres préfèrent l'étuve chauffée à 30°. Quel que soit le procédé adopté, les dalles sont disposées de niveau sur

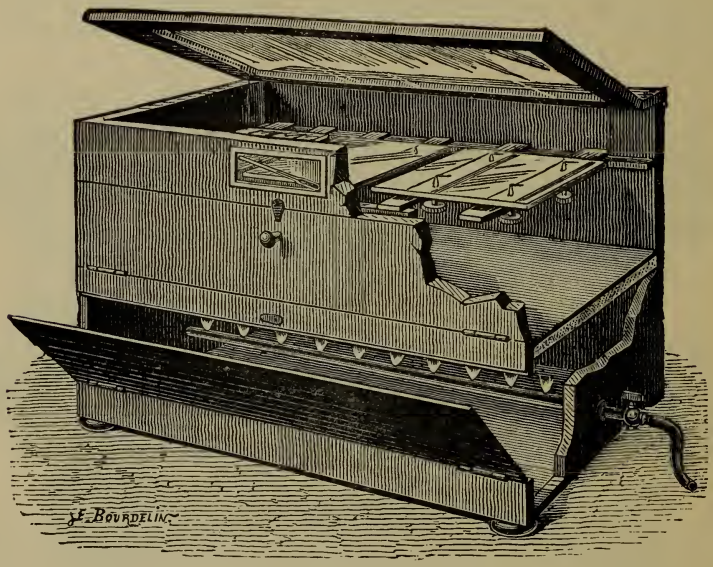


Fig. 118.

un trépied à vis calantes (*fig. 115*) après avoir été placées dans l'étuve où elles doivent sécher, de manière à prendre la température de celle-ci. Ces trépieds à vis calantes sont alignés sur une table à préparation (*fig. 116*) tout à fait semblable à la table à mouillage ; cette table est recouverte de plomb et légèrement inclinée vers une de ses extrémités, de manière à

recueillir l'excès de liquide. La dalle recouverte d'albumine bichromatée est placée sur les supports à vis calantes (*fig. 117*) qui sont disposés dans l'étuve de telle sorte qu'il ne puisse se produire d'appels d'air irréguliers et que la température soit maintenue aussi constante que possible. Le modèle construit par M. Voirin (*fig. 118*) se compose d'une grande caisse oblongue, divisée dans sa hauteur par une séparation fixe, formée d'une tôle épaisse constituant un bain de sable recouvert d'une tôle mince; l'épaisseur du sable est d'environ 0m01; au-dessous se trouve l'appareil de chauffage. On peut employer le chauffage au pétrole, au gaz ou bien à

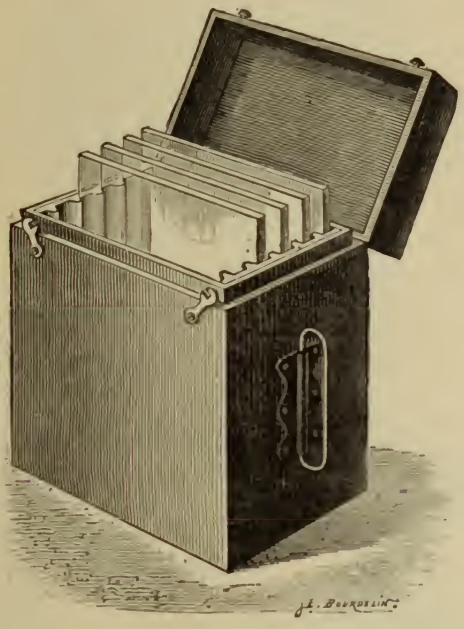


Fig. 119.

l'alcool dénaturé. L'étuve doit être placée sur une table assez basse ou sur des tréteaux, de telle sorte que les plaques portées par les vis de calage se trouvent à une bonne hauteur pour les couvrir facilement de gélatine.

Lorsque la couche préliminaire d'albumine est sèche, on dépose les glaces albuminées sur une table recouverte d'un drap noir, la couche d'albumine étant en dessous; mais l'insolation ne doit pas être poussée trop loin. Il faut que la surface libre de la couche d'albumine soit légèrement soluble, afin que la couche de gélatine fasse bien corps avec elle. Les dalles insolées peuvent être conservées dans des boîtes à rainures (*fig. 119*); il faut seulement dans ce cas laisser agir la lumière moins longtemps, car l'albumine bichromatée insolée, même conservée dans l'obscurité, ne tarde pas à devenir complètement insoluble dans toute son épaisseur.

Les châssis pour dalles n'ont pas de planchette et le serrage se fait directement sur la dalle, soit par des coins (*fig. 120*), soit par des vis de pression (*fig. 121*). Dans le premier cas *a* est la glace épaisse servant de fond au châssis; *b* est le négatif qui repose sur une cache en papier noir cou-

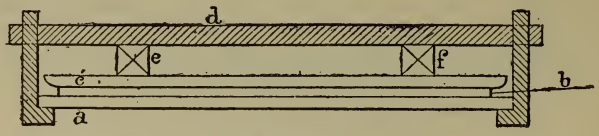


Fig. 120.

vrant la dalle *a* dans toute son étendue, sauf dans la portion qui reçoit le négatif; *d* est la traverse contre laquelle s'appuient les coins *e* et *f* que l'on serre en s'aidant d'un marteau et après avoir enfoncé les coins à la main autant que possible. Lorsqu'on opère sur dalle de verre, on peut suivre la

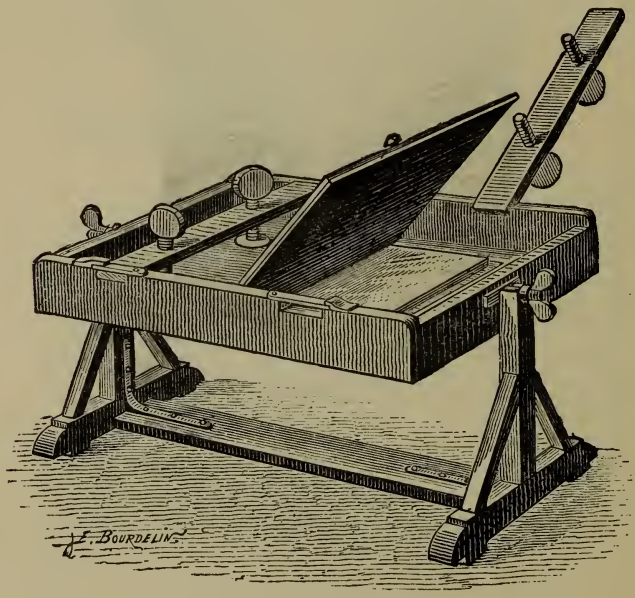


Fig. 121.

venue de l'épreuve à travers la dalle transparente; on examine la couche de gélatine bichromatée en portant le châssis dans une pièce faiblement éclairée par de la lumière blanche.

L'exposition à la lumière étant terminée, on plonge les plaques dans l'eau afin d'éliminer tout le bichromate soluble qu'elles peuvent contenir; on les place dans une grande cuve en zinc (*fig. 122*) portant des rainures

suffisamment larges; on renouvelle l'eau de quart d'heure en quart d'heure, jusqu'au moment où elle coule claire, sans trace de coloration jaune. Quand les lavages sont terminés, la planche est mise à sécher à l'air libre, en la

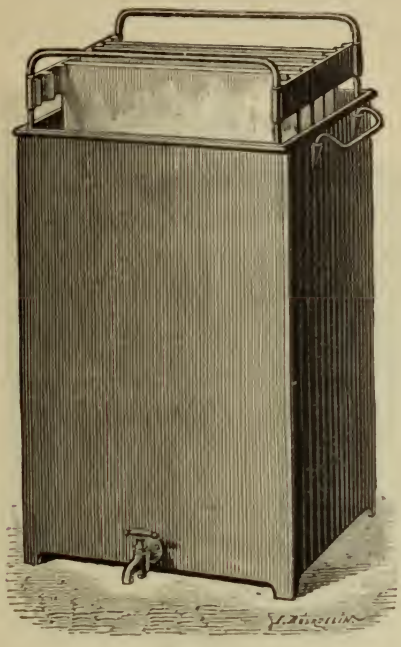


Fig. 122.

plaçant sur un chevalet; lorsque le grand excès d'eau a été éliminé, on procède au nettoyage du dos de la planche : il se trouve toujours sur cette surface des épaisseurs qui pourraient amener le bris de la dalle lors de

Fig. 123.

son passage sous la presse; pendant que la gélatine est encore gonflée par l'eau, on racle l'envers de la glace avec un couteau (*fig. 123*) et on achève d'enlever les dernières traces de gélatine au moyen de pierre ponce; avec une éponge mouillée, on nettoie minutieusement toute cette surface de la dalle et l'on abandonne à la dessiccation spontanée. En cet état, la planche

peut attendre assez longtemps avant d'être mise au tirage; on la conserve dans des boîtes à rainures, dans un endroit sec.

Le mouillage s'effectue sur un support à vis calantes placé sur une table à préparer (voyez *fig. 116*). Cette table est recouverte d'une lame de zinc inclinée vers un des petits côtés de façon à réunir en ce point le liquide qui tombe à sa surface; elle est entourée d'un rebord peu élevé; un tube de

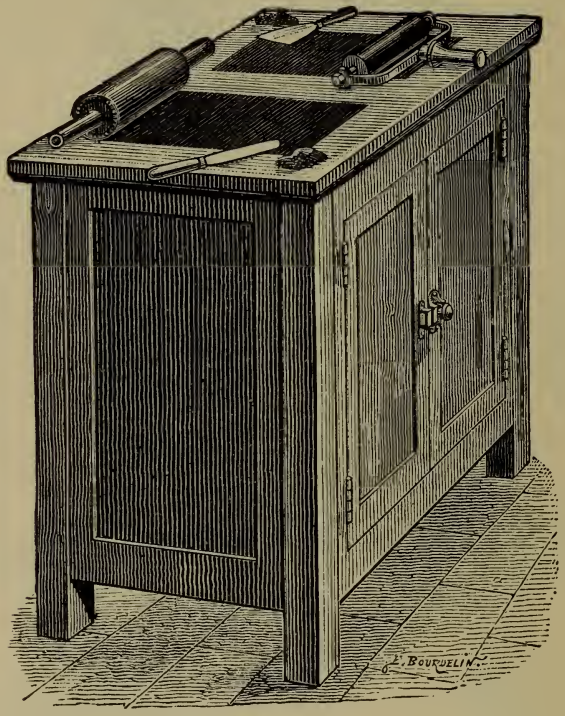


Fig. 124.

plomb conduit dans un flacon l'excès de liquide mouilleur; cet excès est reçu dans un entonnoir muni d'un filtre.

La planche ayant absorbé une quantité d'eau suffisante est encrée à l'aide de rouleaux que l'on charge sur une table à encrer. Cette table consiste en une grande dalle de verre dépoli incrustée dans le dessus d'un meuble de bois (*fig. 124*) dans lequel se rangent les rouleaux, l'encre, les couteaux, chiffons, etc. Chacun des rouleaux de cuir et de gélatine a ordinairement une plaque d'encrage distincte, ce qui permet d'employer deux encres de couleur ou de densité différentes et d'obtenir ainsi certains effets d'encrage.

Voirin a construit récemment une presse à cylindre d'un emploi pratique. Elle se compose d'un bâti en fonte sur lequel sont établies deux glissières dans lesquelles viennent coulisser les nervures d'un plateau de fonte; sur

le plateau se place la planche à imprimer; une crémaillère, commandée par une manivelle (*fig. 125*), permet de donner un mouvement de va-et-vient au plateau et de faire passer la planche sous un rouleau mobile qui donne la pression.

Vers le milieu de la machine, deux coulisses verticales emprisonnent deux coussinets mobiles de bas en haut; ceux-ci sont percés de deux trous dans lesquels viennent se placer deux portées cylindriques en bronze commandées par un étrier qui peut leur faire exécuter un demi-tour. Chacune de ces

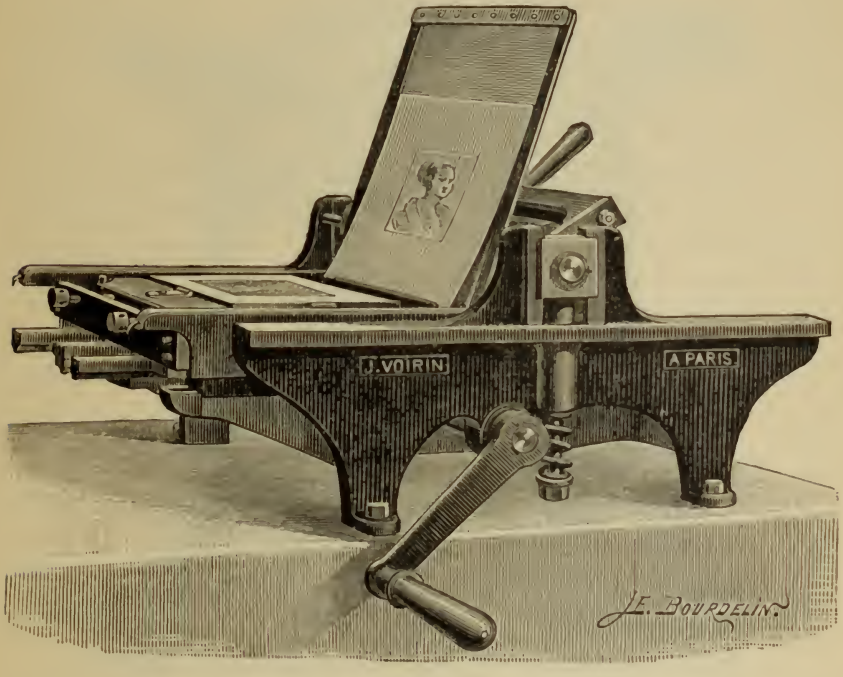


Fig. 125.

portées est percée excentriquement d'un trou qui donne passage aux tourillons d'un cylindre de foulage. En manœuvrant l'étrier au moyen d'une manette qu'il porte en son milieu, on abaisse le rouleau pour donner la pression, on le relève pour laisser passer librement la planche fixée sur le rouleau de la presse; d'un autre côté, les deux coussinets mobiles sont attirés fortement en bas par deux ressorts à boudin et donnent ainsi la pression au rouleau.

Dans les presses de grand format, le plateau de fonte (le *marbre*) est mobile de bas en haut et peut ainsi se régler suivant les épaisseurs des dalles. Un cadre mobile porte une feuille de caoutchouc qui sert de coussin de foulage, et, en avant, un second cadre très léger (*frisquette*) permet de fixer les caches qui doivent préserver les marges.

La presse se place sur une table un peu basse et se fixe par quatre vis; on peut aussi la monter sur un socle (*fig. 126*) qui lui donne par son poids toute la solidité désirable[1].

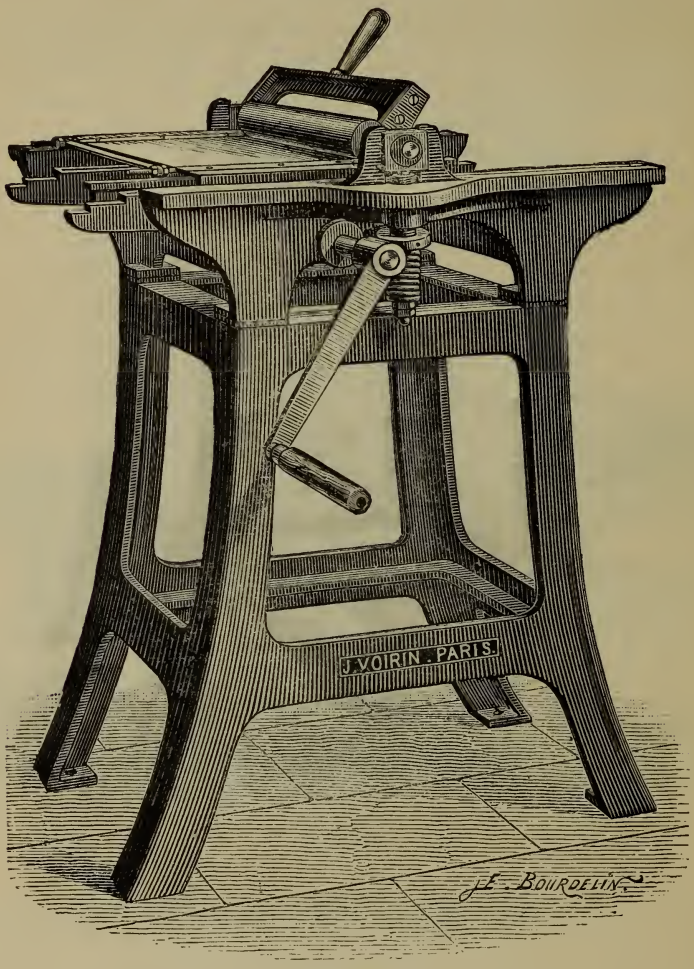


Fig. 126.

1213. Formules de préparation. — Dans presque tous les procédés de photocollographie on se sert de négatifs retournés. Le retournement ne présente pas de difficultés si le négatif

1. Trutat, *Impressions photographiques aux encres grasses*, 1892, p. 105.

est fait sur collodion (**486**). L'opération n'est pas aussi simple lorsqu'on se sert du gélatino-bromure (**487**). On peut cependant obtenir d'excellents résultats à l'aide de la méthode suivante, basée sur une observation que tous les opérateurs peuvent faire. Lorsqu'après après avoir aluné un négatif au gélatino-bromure on le laisse sécher, *sans laver la couche*, il devient très facile d'enlever ce négatif de la glace qui le supporte, mais la couche de gélatine est grenue. Les cristaux d'alun ont détruit l'adhérence qui existait entre la couche et le verre. Au lieu d'alun qui durcit la couche, on peut employer soit le tannin, soit le bichromate d'ammoniaque avec exposition à la lumière de la couche de gélatine. On opère de la manière suivante : le négatif terminé est complètement séché; on le plonge dans une dissolution de bichromate d'ammoniaque contenant : eau, 1,000 c. c.; bichromate d'ammoniaque, 40 grammes; alcool, 50 c. c.; après une immersion de dix minutes dans ce bain, on retire le négatif et *on racle* l'excès de bichromate qui se trouve à sa surface; on laisse *sécher dans l'obscurité*. On l'insole lorsqu'il est sec par l'envers de la couche; l'opération s'effectue en plaçant le négatif sur un drap noir, la couche en contact avec le drap. L'insolation doit durer environ vingt minutes à l'ombre; on retourne le négatif et on l'insole pendant environ dix minutes du côté de la couche. On recouvre alors cette couche de collodion normal et on plonge immédiatement le négatif dans l'eau, que l'on renouvelle jusqu'à ce que cette eau ne soit plus colorée en jaune; au besoin, on termine par un lavage dans une solution d'alun contenant : eau, 1,000 c. c.; alun, 4 grammes. On lave de nouveau pour enlever l'alun, et on termine par un lavage dans l'eau contenant 15 c. c. de glycérine pour un litre d'eau. Lorsque la couche est à peu près sèche (mais non complètement sèche) on incise les bords et on soulève par un angle l'image, qui abandonne son support; il n'y a plus qu'à la plonger dans un vernis au borax et à la gomme laque, et à faire sécher sur son support.

Si la couche ne se détache pas facilement, on laisse sécher, on collodionne de nouveau et on plonge la glace dans une solution d'alun contenant : eau, 1,000 c. c.; alun, 20 grammes; on enlève l'excès de liquide avec la raclette et on laisse sécher *sans laver*. Dans ce cas, l'image est un peu grenue. Après l'avoir enlevée de son support, on la lave complètement et on l'applique sur une glace *cirée* si l'on veut un négatif pelliculaire, sur une glace ordinaire nettoyée et silicatée si le négatif doit rester sur glace, on borde de papier gommé

les marges de l'image et on laisse sécher, puis on enlève de la glace. Le grenu est fortement atténué et ne paraît pas à l'impression.

M. Ch. Petit[1] avait indiqué un procédé analogue au précédent, mais d'une application moins sûre en pratique.

Le Dr Éder a fait connaître la formule d'une encre de report pouvant être employée très facilement à froid. La préparation s'effectue en faisant dissoudre à chaud 20 grammes d'asphalte, 100 grammes de colophane et 40 grammes d'huile de térébenthine; quand la dissolution est complète, on ajoute 20 grammes de cire jaune, 140 grammes de suif, 230 grammes de gomme élémi, 30 grammes de savon de Marseille, 60 à 80 grammes d'huile de lin de force moyenne et 80 à 100 grammes de suie en poudre fine; toutes ces substances doivent être au préalable parfaitement desséchées.

Dans un certain nombre d'ateliers on emploie deux sortes de bains pour mouiller les planches. Le bain fort se compose de 400 c. c. d'eau et 600 c. c. de glycérine, tandis que le bain faible ne contient que 400 c. c. de glycérine pour 600 c. c. d'eau. Le bain faible est employé pour les planches fortes, c'est-à-dire pour celles qui ont un excès de pose; le bain fort, pour les planches faibles qui ont peu d'exposition et qui seraient dures au tirage.

M. Lavroff immerge la planche dans un bain mouilleur contenant 20 grammes d'hyposulfite de soude, 2,000 grammes de glycérine et 1,000 c. c. d'eau. Ce liquide doit agir pendant une ou deux heures, suivant le relief que l'on désire, puis on l'enlève au moyen d'une éponge très douce et de papier buvard; enfin, on encre au moyen d'un rouleau de gélatine. Pour imprimer les épreuves avec une presse à copier, la planche encrée est placée sur une feuille de caoutchouc; sur la couche on met une cache en papier paraffiné, puis le papier qui doit recevoir l'impression, et enfin un coussin de coton cardé (ouate) enveloppé d'une fine étoffe de soie. Ce coussin permet de mettre par la pression le papier en contact intime avec la planche et d'obtenir ainsi les plus fins détails du négatif. Lorsqu'on a tiré une vingtaine d'épreuves, la planche commence à devenir grise dans les grands blancs; il suffit de passer à la surface une éponge douce imbibée de liquide mouilleur pour que les épreuves soient vigoureuses.

On obtient une bonne couche préliminaire par l'emploi de la formule suivante : eau, 200 c. c.; albumine, 100 c. c.; bichromate de potasse, 5 grammes; ammoniaque, 50 c. c. Les dalles sur lesquelles on doit étendre cette couche sont mises à l'étuve et chauffées à 30°; on verse un excès de cette solution sur le côté dépoli de la dalle, puis l'on fait sécher à l'étuve; on insole ensuite quand la couche est sèche. Une des meilleures formules de mixtion à étendre à la surface des glaces est la suivante : eau, 1,000 c. c.; gélatine, 80 grammes; bichromate d'ammoniaque, 16 grammes; ammoniaque, 4 grammes. Il est bon de laver la gélatine avant de la faire dissoudre. Dans ce but, on place les 80 grammes de gélatine dans un vase de Bohême contenant 300 c. c. d'eau et 10 c. c. d'ammoniaque, on colle une petite bande de papier sur la paroi extérieure du verre au niveau de l'eau; après cinq minutes de contact, on jette cette eau et on la remplace par une quantité

1. *Photo-Gazette*, 1891, p. 100.

quelconque. On agite le vase de façon à bien laver la gélatine et l'on renouvelle cette opération plusieurs fois, puis on ajoute une quantité d'eau suffisante pour que le niveau du liquide arrive à la hauteur de la bande de papier; on ajoute ensuite 700 c. c. d'eau dans laquelle on a fait dissoudre le bichromate d'ammoniaque et l'ammoniaque.

§ 2. — PHOTOTIRAGES SUR SUPPORTS SOUPLES.

1214. Formules de M. Warnerke. — M. Warnerke étend la couche de gélatine sur du papier parchemin, tel qu'on le trouve dans le commerce; on fait gonfler 120 grammes de gélatine pour phototypie dans 1,000 c. c. d'eau, on fait dissoudre la gélatine en chauffant et on la verse après filtration dans une cuvette en porcelaine. La solution est maintenue à la température de 40° C. Le papier est mis à flotter sur la solution pendant quelques minutes, puis étendu, couche en dessus, sur une plaque de verre pour laisser la gélatine faire prise. On peut le gélatiner une seconde fois pour renforcer la couche. On sensibilise les feuilles gélatinées en les faisant flotter pendant trois minutes sur une solution de bichromate de potasse, on laisse égoutter le papier et on l'applique, gélatine en dessous, sur une glace talquée, on enlève l'excès de liquide et on laisse sécher dans l'obscurité. Le papier atteint son maximum de sensibilité au bout de trois à quatre jours. On l'expose à la lumière sous un négatif placé dans le châssis-presse et on arrête l'insolation quand l'image apparaît distinctement en couleur jaune-brun. On pose alors le papier, face en dessous, sur un morceau de velours noir, et on expose l'envers du papier à la lumière diffuse pendant environ trois minutes. On lave l'épreuve, on la pose sur une plaque horizontale et on laisse agir pendant une heure un bain composé de 70 c. c. de glycérine, 3 c. c. d'ammoniaque et 30 c. c. d'eau. On fixe alors la feuille sur une plaque rigide, on l'encre au moyen du rouleau, d'abord avec de l'encre épaisse, puis avec de l'encre diluée. On peut imprimer un assez grand nombre d'épreuves sans mouiller de nouveau la planche ainsi préparée.

La plus grande difficulté à vaincre dans l'exécution de ce procédé consiste à empêcher la poussière de s'attacher à la couche de gélatine[1].

1215. Procédés de M. Balagny. — Il est important d'avoir un négatif retourné pour les impressions sur plaque de gélatine. M. Balagny obtient ces négatifs par la méthode de Bolas[2], méthode qui permet d'obtenir facilement un négatif d'après un négatif (**516**). Le procédé opératoire indiqué par M. Balagny[3] est des plus simples et l'on arrive très rapidement à obtenir de bons contre-types.

On plonge dans une solution de bichromate à 3 % des plaques souples et on les y laisse séjourner cinq minutes. La feuille doit plonger dans le bain, la couche de gélatine étant en dessous, de manière à éviter l'action des bulles d'air; on racle la feuille sur une glace comme s'il s'agissait de sécher le papier mixtionné (**662**), on essuie le verso de la plaque souple (côté col-

1. *Photo-Gazette*, 1891, p. 105. — 2. *Phot. News*, 1880, p. 304. — 3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 21.

lodionné), on prend la plaque souple par deux coins et on la pique à plat sur une planche à dessiner, au moyen de quatre punaises en buis placées aux quatre angles. La dessiccation se fait dans l'obscurité, la plaque souple étant dans une position horizontale. La dessiccation doit être faite dans les quarante-huit heures.

Il est bon d'employer pour la confection du contre-type une plaque souple un peu plus grande que le négatif : on entoure celui-ci d'une cache noire qui protège les bors du contre-type et qui a pour objet d'empêcher les soulèvements sur les bords pendant le fixage.

On expose à la lumière du jour sous un négatif bordé de noir la plaque souple sensibilisée. L'exposition se fait à l'ombre et doit être poussée jusqu'au moment où l'image apparaîtra en brun foncé par transparence; au sortir du châssis-presse, le contre-type est lavé, plongé dans l'eau courante jusqu'à ce que tout le bichromate ait disparu. On applique alors la plaque souple sur une glace propre, couche en dessus, et on l'expose pendant une demi-seconde, une seconde au plus à la lumière du jour. Cette deuxième exposition a pour objet de permettre aux parties blanches de la plaque souple de noircir sous l'influence du révélateur; ces portions là viendront en noir et correspondront aux noirs du négatif.

M. Balagny effectue le développement avec le révélateur au fer : A) eau, 1,000 c. c.; oxalate neutre de potasse, 300 grammes; B) eau, 1,000 c. c.; sulfate de fer, 300 grammes. On prend 60 c. c. de A et 20 c. c. de B, on ajoute 3 à 5 c. c. d'une solution de bromure de potassium à 10 %. Par l'emploi de ce révélateur au fer on peut opérer à la lumière du gaz ou d'une bougie, ce qui facilite la surveillance du développement.

Au sortir du révélateur, le contre-type est lavé, puis fixé dans une solution de cyanure de potassium à 6 %; on lave après ce bain et l'on immerge le contre-type pendant deux heures dans un bain de 1 litre d'eau et 40 c. c. de glycérine.

On retire les contre-types de ce bain et on les met un à un sur une glace épaisse; on les essore avec la raclette de caoutchouc en passant la raclette sur le verso, le recto qui porte la couche de gelatine étant face à face avec la glace, puis on essuie le verso et on passe la plaque souple dans du buvard pour enlever la dernière humidité; on sèche à une température modérée.

Les plaques souples bichromatées peuvent servir à obtenir des planches pour l'impression. Il est utile d'employer pour cet objet les plaques souples de préparation spéciale. On les sensibilise au bain de bichromate de potasse (3 %) et on fait sécher sur une planchette dans l'obscurité comme nous venons de l'indiquer; on insole la plaque au châssis-presse, sous le contre-type obtenu : l'image se dessine en noir gris sur le fond de la pellicule. Il faut que cette image traverse en entier l'épaisseur de la plaque et qu'elle vienne se dessiner bien complètement sur le verso de la planche; si ce verso reste blanc, la planche n'est pas facilement utilisable. On insole ensuite par le dos jusqu'à disparition presque complète de l'image, on lave abondamment jusqu'à disparition de la teinte jaune que le bichromate de potasse communique à l'eau de lavage, on monte ensuite la plaque sur un bloc rigide. M. Balagny se sert de zinc plané du commerce; il emploi les feuilles nº 14, feuilles qu'il nettoie et qu'il aplanit en frottant la surface avec de la pierre-ponce. La surface métallique est rincée à l'eau pure. Puis

il prend une feuille de gélatine opaque, la trempe dans l'eau, l'applique sur le zinc et pose immédiatement sur elle la pellicule encore humide; au moyen d'un rouleau de gélatine, il élimine tout l'excès d'eau. La feuille de gélatine ainsi interposée se soude intimement d'un côté à la feuille de zinc, de l'autre à la pellicule imprimante.

On essuie alors le zinc par devant et par derrière, puis on le porte sur une planche à dessiner en bois que l'on cale sur le marbre de la presse comme s'il s'agissait de caler une dalle de glace; on perce le zinc de deux trous aux deux angles du côté qui correspond à l'entrée du cylindre et on le fixe sur la planche au moyen de deux pointes qu'on enfonce au marteau dans l'intérieur de la planche; on place le zinc où l'on veut pour avoir l'image qu'il supporte juste à l'endroit désiré sur la feuille de papier. Quand le tirage est fini, on enlève le zinc et on le conserve avec la plaque souple pour procéder plus tard, si besoin est, à de nouvelles impressions.

Si on désire séparer la plaque souple d'avec le zinc aussitôt après le tirage, on commencera par passer de l'essence de térébenthine à la surface du zinc et on l'essuiera avec un linge enduit d'essence; on appliquera alors la plaque souple. La petite quantité de corps gras qui subsiste empêche l'adhérence complète et permet de détacher la plaque de zinc après le tirage.

M. Balagny[1] a récemment fait observer qu'il suffisait d'insoler l'envers de la planche pendant trente secondes. Le mouillage s'effectue à la glycérine si l'on doit tirer un assez grand nombre d'épreuves; dans les autres cas, tous les bains mouilleurs donnent de bons résultats pourvu que le lavage de la planche bichromatée ait été suffisant.

§ 3. — PHOTOTYPOGRAPHIE.

1216. Procédé de M. Petit. — La planche à graver (**745**), dans les procédés de phototypographie, ne doit être grainée que dans les parties où doivent se trouver des tons. Cette simple observation a permis à M. G. Petit[2] d'obtenir des blancs absolus. Pour obtenir ce résultat, il repère sur un négatif une plaque de cuivre planée, de façon que des préparations sensibles étant faites sur ce cuivre on puisse les présenter deux fois à l'action de la lumière sous le négatif sans que l'image soit doublée (**769**).

La plaque de cuivre est préparée au bitume de Judée, et, après exposition suffisante, on développe l'image dans un bain de térébenthine jusqu'à la mise à nu du cuivre dans les blancs absolus du négatif; la plaque est alors saupoudrée de résine, et celle-ci est cuite jusqu'à parfaite formation du grain.

Cette cuisson de la résine sur le bitume resté insoluble produit une sorte de désoxydation de ce bitume, qui redevient extrêmement soluble partout où le grain s'est formé. C'est pourquoi, en replongeant la plaque dans un bain de térébenthine, la résine, une fois dissoute, laisse une perforation

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 339 — 2. *Ibid.*, 1890, p. 129.

profonde dans le bitume, perforation très précieuse pour la gravure ultérieure, car il n'y a alors nul obstacle à la morsure des blancs, mais, au contraire, il y a grain partout où il doit y avoir une teinte. La plaque de cuivre portant le bitume perforé aux bons endroits est alors recouverte avec de la gélatine bichromatée et réexposée à la lumière sous le négatif. La morsure est faite au perchlorure de fer et arrêtée avant que les noirs absolus ne soient attaqués. Il n'y a plus, après nettoyage de la plaque, qu'a donner du creux.

1216. Procédé de MM. Lumière[1]. — Cette méthode permet d'obtenir sur zinc de bonnes images susceptibles d'être transformées en bloc pour le tirage typographique; le zinc peut d'ailleurs donner de bons tirages lithographiques.

On prépare la solution suivante : eau, 1,000 c. c.; albumine d'œufs, 100 c. c.; bichromate d'ammoniaque, 3 grammes; on ajoute à cette solution une quantité d'ammoniaque suffisante pour ramener la coloration au jaune clair. Ce mélange est fortement agité, filtré, puis étendu à la tournette sur une plaque de zinc nettoyée à la craie; on active la dessiccation en chauffant légèrement la plaque. On expose à la lumière derrière un positif, puis le zinc retiré du châssis est encré avec une couche d'encre à report additionnée de vernis moyen. L'aspect de la couche doit alors être gris foncé, sans aucune apparence d'image, et non pas noir. On immerge dans l'eau tiède, et on ne tarde pas à voir apparaître le dessin qui peut être facilement dépouillé en frottant légèrement la surface du zinc avec une touffe de coton. L'image ainsi obtenue est négative, et le métal est mis à découvert dans les points représentant les traits noirs de l'original.

La plaque est ensuite rincée à grande eau, séchée et plongée dans une solution de perchlorure de fer à 35° B, où elle doit séjourner dix à quinze secondes.

On lave, puis on sèche de nouveau. En passant ensuite sur le zinc chauffé vers 50° un rouleau chargé d'une encre composée de noir à reports et de vernis moyen, l'encre adhère sur toute la surface; on fait ainsi tableau noir, puis on dégarnit les fonds à l'aide d'un rouleau lisse qui est passé rapidement et à plusieurs reprises sur la plaque; il ne reste plus qu'à frotter la couche avec un morceau de mousseline imbibée d'ammoniaque caustique.

L'image apparaît en noir, se détachant sur un fond brillant formé par le zinc mis à nu. Pendant cette opération, l'albumine bichromatée, insolubilisée par la lumière, se dissout à son tour dans l'ammoniaque, et l'on opère ainsi un second développement inverse du premier. Par le frottement et à l'aide du liquide ammoniacal on enlève donc l'encre des points où celle-ci se trouvait supportée par l'albumine insoluble, tandis que cette encre reste fixée au zinc dans les parties gravées. Cette dernière réaction constitue le côté original de la méthode de MM. Lumière.

Si la planche doit être tirée lithographiquement, il n'y a plus qu'à *préparer* à la manière ordinaire, au moyen des solutions gallique, phosphorique ou chromique; si, au contraire, elle doit être mise en relief, il convient de saupoudrer l'image avec de la colophane pulvérisée, puis de chauffer

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 217.

comme d'habitude avant de procéder à la première morsure. Dans ce dernier cas, il est préférable de diminuer la durée de l'immersion dans le perchlorure de fer, afin d'éviter la formation de creux trop appréciables dans les points qui devront ultérieurement être en relief.

1217. Procédés divers. — Dans presque tous les procédés de phototypographie on emploie le bitume de Judée. M. Valenta[1] a trouvé qu'on augmentait la sensibilité de ce bitume en y incorporant du soufre. Il fait dissoudre 7 à 10 grammes de soufre dans une quantité suffisante de sulfure de carbone, puis il ajoute 100 grammes de bitume de Judée. La solution est alors débarrassée du sulfure de carbone par évaporation et placée dans une étuve graduellement portée à la température de 180° C., jusqu'à disparition de l'odeur d'hydrogène sulfuré, ce qui demande environ cinq heures.

Le bitume, après ce traitement, se présente sous forme d'une masse noire, brillante, insoluble dans l'alcool, peu soluble dans l'éther, mais se dissolvant très bien dans la benzine, l'essence de térébenthine, le chloroforme et le sulfure de carbone. On dissout 4 parties de ce bitume dans 100 parties de benzine et on l'applique comme à l'ordinaire sur une feuille de zinc bien polie. Il forme à la surface une couche jaune clair, peu épaisse et relativement très sensible à la lumière, donnant, sous un négatif de bonne densité, des épreuves nettes et brillantes après le développement à la térébenthine.

M. Valenta a également constaté que la colophane fondue et additionnée de 15 % de soufre était sensible à la lumière. La solution de 4 parties de ce mélange dissoutes dans 100 parties de benzine fournit un liquide clair, d'une teinte brun foncé; ce liquide donne une couche facilement impressionnable, mais qui a l'inconvénient de ne point résister aux acides.

Les mélanges de résines différentes avec 6 à 7 % de soufre additionnés d'essence de térébenthine ont fourni des résultats supérieurs à ceux que procure l'emploi de la colophane; les résultats obtenus ne laissent presque rien à désirer.

M. H. Knight[2] opère par moulage d'un relief en gélatine. Une couche de gélatine bichromatée étendue sur glace est séchée à l'étuve, exposée derrière un négatif, puis dégorgée dans l'eau chauffée à 15°; quand le bichromate de potasse est entièrement dissous, on immerge la plaque dans une dissolution aqueuse de sulfate ferreux à 10 %, on agite de temps en temps, et, après dix minutes d'immersion, on lave la plaque sous un fort courant d'eau pendant deux ou trois minutes; l'excès du liquide est ensuite épongé avec du papier buvard. La solution de fer durcit la couche de gélatine et empêche qu'elle ne s'attache au plâtre. Pour faire le moulage, on prend du plâtre fin de Paris, on le mêle avec de l'eau jusqu'à consistance d'une crème, on place un cadre sur la plaque et on verse à l'intérieur un peu de la pâte de plâtre que l'on gache avec une brosse en poils de blaireau jusqu'à ce qu'elle se soit épaissie; on verse ensuite par-dessus le restant du plâtre que l'on égalise en grattant la surface avec le tranchant d'une règle. Quand le plâtre s'est figé, il peut être séparé de la plaque, et d'après ce premier moule on en fait un second. Pour cela, on prend une demi-livre de savon mou, on

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, p. 365. — 2. *Moniteur de la photographie*, 1890, p. 21.

le met dans 1,500 c. c. d'eau propre, on chauffe en agitant le mélange avec une baguette de verre, et dès qu'il commence à bouillir on ajoute 15 grammes de suif et on maintient l'ébullition jusqu'à ce que le volume se trouve réduit à 1 litre. On lave le premier moule avec ce liquide, on en laisse absorber le plus possible par le plâtre : l'aspect de la surface doit présenter l'apparence du marbre poli; on peut alors contremouler ce premier moule. Au bout d'un quart d'heure, le plâtre a fait prise et l'on opère aisément la séparation; on peut alors y couler du métal d'imprimerie et obtenir ainsi un cliché typographique.

Les reliefs en gélatine peuvent aussi être moulés par le procédé suivant[1] : on prend 7 grammes de bitume que l'on fait fondre à une chaleur modérée et on y ajoute les produits suivants, chacun d'eux étant préalablement fondu : spermaceti, 425 grammes; stéarine, 200 grammes; cire blanche, 170 grammes; lorsque le mélange est complet, on y incorpore 70 grammes de plombagine finement broyée. La plaque à mouler étant entièrement gonflée est sortie de l'eau et légèrement chauffée; on place une bordure métallique autour de la plaque et on verse sur elle, à l'intérieur de cet encadrement et d'un jet continu, la composition ci-dessus dont la température ne doit pas dépasser 40° C. L'épaisseur de la couche peut varier suivant les dimensions de la plaque de 0m012 à 0m025, et l'on ne doit pas chercher à enlever le moulage jusqu'au lendemain; la séparation s'effectue très aisément. Le moule est alors rendu conducteur à l'aide de poudre de bronze et une épreuve galvanoplastique en est tirée.

Le premier moule obtenu par le dépôt électrique est légèrement huilé, et l'on y coule du métal d'imprimerie, qui constitue un deuxième moulage formant planche imprimante.

§ 4. — PHOTOPLASTOGRAPHIE.

1218. Epreuves avec marges. — M. Gravier[2] a fait connaître le moyen employé pour obtenir des épreuves avec marges blanches par le procédé photoplastographique. Dans les applications de ce procédé on était obligé de rogner les épreuves et de les coller sur carton ou sur papier pour leur donner une marge. L'encre gélatineuse chassée par la pression venait s'accumuler sur les bords. La Société qui a exploité ce procédé en Angleterre a eu l'idée de border le négatif avec une feuille de papier d'étain ou tout autre imperméable à la lumière; de cette façon les marges sur la pellicule bichromaté sont en creux; par suite, sur la planche de plomb, après la pression donnée par la presse hydraulique, elles seront en saillie, l'encre gélatineuse ne pourra y séjourner et, s'il reste une légère teinte, un simple lavage et au besoin un ponçage la feront disparaître (**775**).

1. *Scientific American*, 1890. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 120.

§ 5. — PROCÉDÉS DIVERS.

1219. Fluorographie. — On a publié sous ce nom un procédé permettant de graver sur verre, à l'aide de la photocollographie, des images photographiques. On imprime[1] avec une encre contenant du spath fluor ; cette impression est transportée sur verre par les moyens connus. Cette encre, au contact de l'acide sulfurique, dégage de l'acide fluorhydrique qui grave le verre. La composition de cette encre est la suivante : savon, 50 grammes ; glycérine, 200 grammes ; suif, 50 grammes ; eau, 100 grammes ; borax, 25 grammes ; noir de fumée, 15 grammes ; spath fluor, 50 grammes. Le transport étant fait sur la plaque à graver, on la borde avec un bourrelet de cire, puis on la recouvre d'acide sulfurique à 64 ou 65° B. Après quinze à vingt minutes, l'acide est enlevé, la plaque lavée à l'eau, puis nettoyée avec une solution de potasse, lavée de nouveau et séchée avec un linge.

BIBLIOGRAPHIE.

TRUTAT. *Impressions photographiques aux encres grasses.*
VOIRIN. *Traité de phototypie.*

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 149.

LIVRE IV.

AGRANDISSEMENTS.

CHAPITRE PREMIER.

AGRANDISSEMENTS.

§ 1. — AGRANDISSEMENTS A LA LUMIÈRE ARTIFICIELLE.

1220. Appareils d'agrandissement. — Un appareil d'agrandissement admettant une source de lumière artificielle A (*fig. 127*) se compose essentiellement d'un condensateur constitué par deux lentilles plan convexe D et

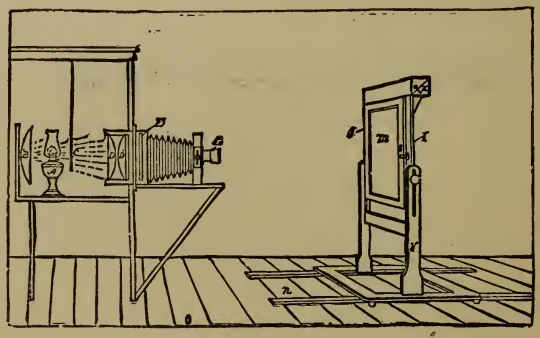


Fig. 127.

D′ et d'un objectif, l'image se plaçant entre le condensateur et l'objectif.

Au lieu de deux lentilles plan-convexe on a proposé l'emploi d'une lentille plan-convexe associée à une lentille biconvexe, les faces convexes étant presque au contact; mais cette disposition ne présente pas d'avan-

tages. Herschell a employé un ménisque de flint et une lentille biconvexe de crown : le côté concave est tourné vers la source de lumière et les deux faces convexes sont au contact ; cette disposition donne de bons résultats. Il en est de même du condensateur de Dallmeyer, composé d'une lentille plan-convexe en flint et d'une lentille biconvexe plus large à courbures inégales. La courbure tournée vers la lentille de flint est de même rayon que celle-ci, l'autre est d'un rayon plus court, ce qui permet une répartition de lumière très régulière.

Lorsqu'il s'agit d'agrandir des négatifs d'une certaine dimension, on se sert de condensateurs rectangulaires (*fig. 128*) composés de deux lentilles

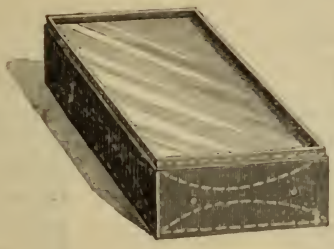


Fig. 128.

plan-convexe dont on a coupé les portions excédant le rectangle inscrit correspondant à l'image. Cette disposition a l'avantage d'exiger moins de place et d'être à la fois plus légère.

1221. Sources d'éclairage. — Les principales sources d'éclairage auxquelles on a recours pour obtenir des agrandissements sont : la lumière oxhydrique, l'air carburé, la lampe à gaz, celle à pétrole, enfin l'éclair magnésique.

La lumière oxhydrique est très employée depuis que l'industrie livre l'oxygène comprimé en tubes d'acier doux, d'une seule pièce, formant un réservoir tubulaire, dans lequel le gaz peut être facilement comprimé. L'une des extrémités du tube est fermée ; l'autre se termine par un ajutage sur lequel (*fig. 129*) se visse latéralement un robinet à tête carrée, mu par une clef spéciale. La tête de l'ajutage est filetée pour la mise en place d'un manomètre et d'un régulateur de pression : ce dernier appareil (*fig. 130*) fait arriver le gaz avec une pression sensiblement uniforme pendant la durée de l'expérience. Les régulateurs de pression les plus employés sont basés sur le principe suivant : le gaz est obligé de passer par une chambre à parois élastiques, qui est quelquefois un sac en fort caoutchouc maintenu replié sur lui-même par un ressort ; il gonfle cette chambre, et celle-ci en se déployant soulève une soupape qui obture plus ou moins la sortie du gaz et en modère par suite le débit. L'ouverture étant toujours réglée par la différence de pression entre le gaz de la chambre et celui du tube, le débit se maintient à une pression toujours égale.

L'hydrogène se prépare industriellement et se livre en Angleterre en tubes

d'acier chargés avec ce gaz sous pression, exactement comme l'oxygène. Il est indispensable, si l'on fait usage des deux gaz en tubes comprimés, de faire peindre différemment les deux tubes et d'inscrire en gros caractères, sur chacun d'eux, le nom du gaz qu'il renferme.

Lorsqu'un courant d'air traverse une couche d'huile volatile, il se charge de vapeurs de cette huile, et ce mélange de gaz et de vapeurs est combustible. Mais comme l'air contient 79 % d'azote, gaz absolument inerte sous le rapport de l'éclairage, il convient donc d'employer l'oxygène. On le fait

Fig. 129.

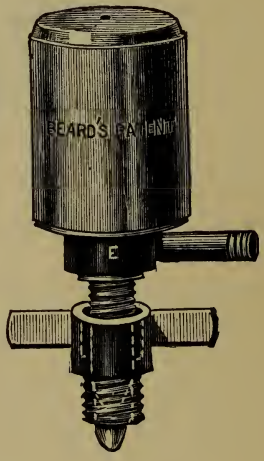


Fig. 130.

passer dans un appareil appelé carburateur (*fig. 131, 132*). Comme l'oxygène chargé de vapeurs d'essence forme un mélange explosif, il est indispensable d'interposer entre le carburateur et le chalumeau un appareil de sûreté. On peut se servir soit d'un long tube rempli de fragments de pierre ponce de la grosseur d'un pois, soit, comme le conseille M. Fourtier [1], d'un tube de 0^m04 de diamètre et 0^m15 de long, dans lequel sont empilées des rondelles de toile métallique fine, espacées de 0^m008 par des anneaux de laiton; le milieu du tube est rempli sur une hauteur de 0^m04 de coton légèrement tassé : cet appareil est basé sur le principe même de la lampe de Davy.

En Angleterre, on se sert beaucoup du carburateur à l'éther appelé *éther saturator*. Le maniement de cet appareil n'est pas sans danger. L'instru-

1. *La pratique des projections*, I, p. 109.

ment se compose de deux cylindres de 0m06 de diamètre et de 0m30 de long, fixés côte à côte, horizontalement sur une planchette à poignée centrale (*fig. 133*); un tube en cuivre, en forme d'U, réunit ces deux cylindres dont les deux autres extrémités sont fermées par un écrou à tubulure; dans chaque cylindre glisse à frottement un fort rouleau de flanelle, enroulé

Fig. 131.

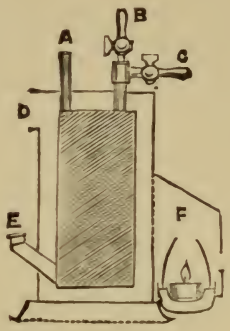


Fig. 132.

sur un ressort à boudin formant canal central. On remplit les tubes d'éther, et, lorsque la flanelle est bien imbibée, on renverse l'excédant. On fait alors passer dans l'appareil un courant d'oxygène qui se charge de vapeur d'éther et se rend au chalumeau en passant par l'appareil de sûreté.

On trouve depuis quelque temps dans le commerce une préparation à base de zircone, destinée à remplacer le crayon de chaux sur lequel on

Fig. 133.

faisait arriver la flamme du chalumeau à gaz. L'oxyde de zirconium, mélangé de divers autres oxydes, est moulé par compression énergique, de manière à lui donner la forme d'une pastille lenticulaire de 0m012 à 0m015 de diamètre et d'environ un demi-centimètre d'épaisseur, que l'on peut fixer sur le support du bâton de chaux dont tous les chalumeaux sont munis. On obtient ainsi une très belle lumière; la pastille de zircone résiste très bien aux changements de température et peut servir à un grand nombre d'expériences.

Le Dr Renard a employé un dispositif qui consiste à se servir d'un bec de Bunsen alimenté par un courant d'air qui se charge de vapeur de gazo-

line; le courant d'air est produit par un soufflet à soupape pour éviter l'aspiration du côté du carburateur, et ce dernier est constitué par un flacon laveur de Wolff à demi-plein d'essence de pétrole; le jet enflammé porte au rouge blanc un treillis de platine.

Dans la lampe Auer, le treillis de fils de platine est remplacé par un manchon conique, en tulle de coton très pur (*fig. 134*), maintenu ouvert à la base par un anneau métallique. Le manchon est préalablement trempé dans un liquide contenant des nitrates ou acétates de zircone, lanthane, etc. Ces manchons, imprégnés de ces sels, sont placés dans la flamme d'un brûleur de Bunsen (*fig. 115*); il reste un squelette de cendres, cendres rapidement portées au blanc. On obtient ainsi une lumière blanche et fixe, mais qui a l'inconvénient de présenter une surface un peu considérable.

Enfin, on a proposé d'alimenter la lampe Auer par l'air carburé. L'appareil se compose d'un carburateur que l'on remplit à moitié de benzoline, et dans lequel l'air envoyé par une poire de caoutchouc vient barboter; il

Fig. 134.

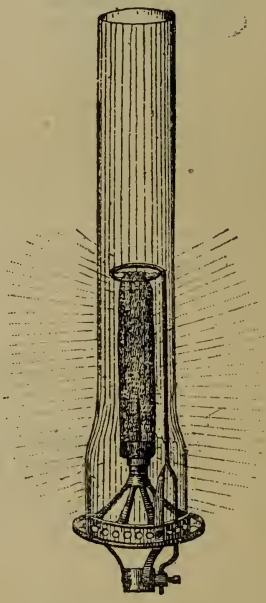


Fig. 135.

suffit de presser cette poire à l'aide du pied par petits coups répétés pour faire gonfler un ballon-réservoir de caoutchouc; un double système de valves empêche les retours d'air. Cet air, saturé de benzoline, est conduit par un tube de caoutchouc à une lampe Auer, spécialement aménagée dans ce but. Le pouvoir éclairant de cette lampe est voisin de cent vingt bougies[1].

L'électricité est utilisée en employant deux types de lampe : les lampes à

1. Fourtier, *La pratique des projections*, p. 131.

arc et les lampes à incandescence. L'arc voltaïque présente un éclat variable. Les lampes à incandescence ont été modifiées de façon à ce que la lumière ne soit pas étalée sur une large surface. Molteni [1] a recommandé le modèle spécial construit par Edison pour les appareils de projection. Edison a contourné le filament, de manière à lui donner la forme d'une hélice légèrement aplatie, faisant environ huit tours sur elle-même; la lumière est donc concentrée en une surface réduite. Il suffit d'orienter convenablement la lampe pour éviter les pénombres et lui faire donner son maximum de pouvoir éclairant qui peut atteindre cent bougies. En l'état actuel de la question, les lampes à incandescence ont un rendement bien inférieur à celui de la lampe à arc. M. Trouvé a récemment employé les lampes à

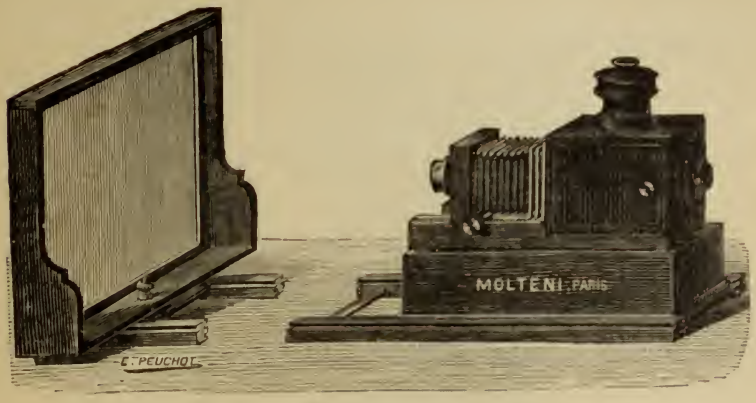


Fig. 136.

incandescence pour l'éclairage d'un appareil de projection ou d'agrandissement qu'il appelle *auxanoscope*.

On emploie fréquemment le pétrole comme source d'éclairage des appareils destinés à donner des images faiblement agrandies. Ce composé est souvent falsifié, tant pour le rendre combustible que pour en abaisser le prix de revient avec de l'essence. Le pétrole est bien rectifié et sans danger lorsque, porté à la température de 40°, il ne prend pas feu au contact d'une allumette enflammée.

Avec la lanterne à pétrole, le dispositif adopté est très peu encombrant. L'image projetée par l'appareil d'agrandissement est reçue sur une glace dépolie montée sur un porte-châssis à crémaillère *(fig. 136)*. On peut donc faire la mise au point avec ou sans loupe aussi exactement qu'elle se fait dans la chambre noire. Avec cette disposition d'appareil, il est bon d'opérer dans une pièce obscure, condition qu'il n'est pas toujours possible de réaliser; dans ce cas, on relie l'appareil et le châssis au moyen d'un manchon en étoffe noire.

L'éclair magnésique offre une surface faible pour une lumière assez forte.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, janvier 1892.

MM. Merville et Lanciaux ont construit un appareil permettant d'agrandir les images en les éclairant par l'éclair magnésique. L'éclair peut être produit par n'importe quel appareil, pourvu que la source de lumière soit placée au moins à 0m05 du sujet à photographier.

§ 2. — AGRANDISSEMENTS A LA LUMIÈRE DU JOUR.

1221. Appareils d'agrandissement. — Depuis que l'on emploie les papiers préparés au gélatino-bromure d'argent on obtient assez facilement des agrandissements à la lumière du jour en se servant d'un dispositif très simple. Dans la fenêtre du laboratoire ou d'une pièce absolument sombre, exposée au nord autant que possible, on pratique une ouverture de la dimension du plus grand négatif que l'on veut agrandir; dans cette ouverture

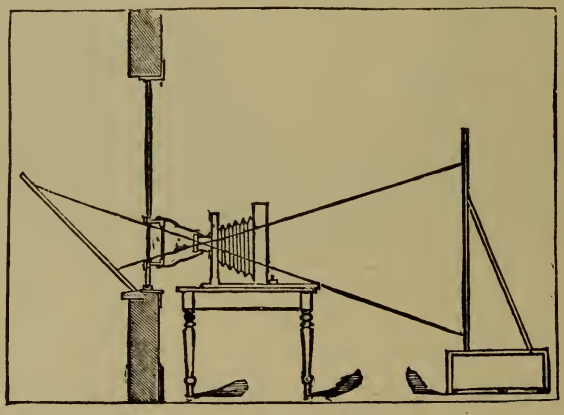


Fig. 137.

on fixe un verre dépoli, à grain très fin, le côté dépoli en dehors; à l'extérieur est placée une glace, mobile sur deux charnières *(fig. 137)* et formant réflecteur; à l'aide d'un cordon passant sur une poulie on peut lui donner une inclinaison plus ou moins grande, afin d'envoyer sur le verre dépoli la plus grande somme possible de lumière. Le négatif est placé à quelques centimètres du verre dépoli, dans une sorte de boîte sans fond, dont l'extrémité opposée au verre dépoli porte une rainure pouvant recevoir le châssis négatif pour une glace; cette extrémité est reliée à l'objectif par un manchon d'étoffe noire afin d'éviter toute lumière latérale.

Si l'agrandissement est trop considérable pour le format de chambre noire employée, on enlève le verre dépoli de cette chambre noire et l'on fixe la plaque sensible sur un chevalet placé à distance voulue.

En usant de la lumière solaire il arrive souvent que l'intensité de l'éclairage est telle qu'il est difficile d'exposer assez rapidement lorsqu'on se sert de papier préparé au gélatino-bromure d'argent; on atténue l'action de cette

lumière en interposant au delà de l'objectif une glace colorée en jaune et à faces parallèles ; on prolonge ainsi la durée du temps de pose.

Lorsqu'il s'agit d'obtenir un agrandissement dans les dimensions moyennes, on peut fort bien se servir du procédé indiqué par Secretan[1], qui consiste à utiliser deux chambres noires placées en regard l'une de l'autre et dont une seule est munie d'un objectif. Le négatif à agrandir se place dans le châssis négatif simple de la chambre qui n'est pas munie de l'objectif ; on glisse un verre dépoli entre le négatif et la fenêtre qui éclaire ce négatif.

Un petit appareil très simple[2] permet de se passer de l'emploi d'une seconde chambre noire. L'instrument *(fig. 138)* se compose d'un chariot mobile qui se fixe à la base de la chambre noire ; sur ce chariot est adapté un

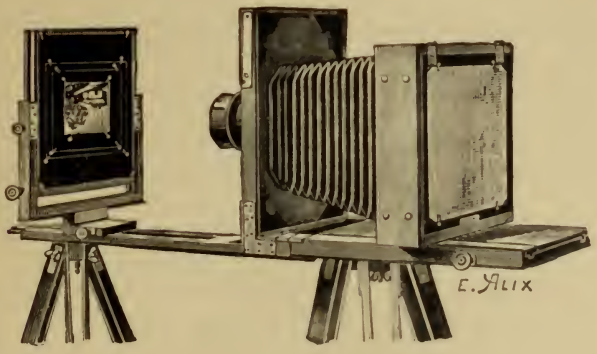


Fig. 138.

écran, sorte de chevalet, glissant dans des rainures de façon à ce qu'il soit parallèle à la glace sensible placée dans le châssis. Cet écran est muni d'un côté d'une glace dépolie, de l'autre se trouve une série d'intermédiaires permettant d'adapter des négatifs de diverses dimensions. Il peut s'élever et s'abaisser pour mettre en place le sujet à reproduire. On établit un voile noir qui, allant de l'objectif à l'écran, ne laisse arriver sur les lentilles que la lumière qui a traversé le négatif à agrandir.

Si l'on emploie un objectif dont les points nodaux soient confondus, on peut, à l'aide d'un tableau (page 316), déterminer les diverses distances de l'objet[3] aux points nodaux et de ces points à l'image, ainsi que la distance du négatif à agrandir à l'image agrandie.

Supposons qu'il s'agisse d'agrandir cinq fois un négatif en se servant d'un objectif de 0^m17 de foyer. Dans la colonne grandeur de l'image nous trouvons 5,00 à la dernière ligne ; dans la colonne distance du négatif au point nodal nous trouvons 1,20 ; nous multiplions 1,20 par 0^m17, distance focale absolue de l'objectif (dont les points nodaux se confondent), $1{,}20 \times 0^m17$

1. De La Blanchère, *Répertoire encyclopédique de photographie*, t. II, p. 317, et l'*Art du photographe*, p. 298. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1890, p. 191. — 3. *Répertoire encyclopédique de photographie*, t. II, p. 319.

GRANDEUR DE L'IMAGE.	DISTANCE		
	Du négatif au point nodal.	du point nodal à l'image.	du négatif à l'image.
0,20	6,00	1,20	7,20
0,25	5,00	1,25	6,25
0,33	4,00	1,33	5,33
0,50	3,00	1,50	4,50
1,00	2,00	2,00	4,00
2,00	1,50	3,00	4,50
3,00	1,33	4,00	5,33
4,00	1,25	5,00	6,25
5,00	1,20	6,00	7,20

$= 0^{m}204$: le négatif sera donc à $0^{m}204$ du point nodal. De même, pour avoir la distance du point nodal à l'image $6,00 \times 0^{m}17 = 1^{m}02$; la distance du négatif à son image sera la somme de ces distances $0^{m}204 + 1^{m}02 = 1^{m}224$. On peut aussi trouver directement cette distance à l'aide des chiffres de la quatrième colonne du tableau. Sur la ligne horizontale correspondant à l'agrandissement 5,00 nous trouvons le nombre 7,20 ; en multipliant ce nombre par $0^{m}17$ nous trouvons $7,20 \times 0^{m}17 = 1^{m}224$. On peut donc sans tâtonnements reconnaître si une chambre noire dont on connaît la longueur du soufflet permettra d'obtenir un agrandissement à une dimension déterminée avec un objectif donné.

1222. Procédés opératoires. — On a proposé de développer pendant la pose les agrandissements sur gélatino-bromure ou gélatino-chlorure. Dans ce but, on a conseillé l'emploi d'un bain contenant 12 grammes d'hydroquinone, 80 grammes de métabisulfite de potasse, 500 c. c. de glycérine et 500 c. c. d'eau ; immédiatement avant l'emploi on ajoute 20 grammes de potasse caustique.

On place le papier sensible, la couche en dessous, sur une plaque de verre bien nettoyée et on recouvre l'envers à l'aide de la solution ci-dessus ; dès que le papier est bien imbibé de liquide, on le retourne et on enduit de la même manière la face non émulsionnée. La feuille adhère ainsi au verre que l'on dispose sur le chevalet. L'image ne tarde pas à paraître ; on examine sa venue à l'aide d'une lanterne à verre rouge. S'il y a des parties qui ne se développent pas bien, on y applique le développateur à l'aide d'un pinceau ; on peut par ce moyen donner exactement le temps de pose qui est nécessaire [1].

BIBLIOGRAPHIE.

FOURTIER (H.). *La Pratique des projections.*
TRUTAT (E.). *Traité pratique des agrandissements photographiques.*

1. *Phot. Nachrichten*, 1890, n° 11.

LIVRE V.

DU STÉRÉOSCOPE.

CHAPITRE PREMIER.

MATÉRIEL.

§ 1. — OBJECTIFS ET CHAMBRES NOIRES.

1223. Objectifs simples. — Plusieurs opticiens construisent des objectifs simples spécialement destinés à l'obtention des vues stéréoscopiques. Toutes les fois que l'image ne comporte pas de lignes verticales près des marges, on devra employer ces objectifs (**51**). Dans ces derniers temps, Hartnack a construit un anastigmat simple de 0m106 de foyer donnant une image très nette sur plaque de 0m08 × 0m10; cet objectif est très portatif, sa plus grande ouverture est *f*/13, et avec un diaphragme de *f*/30 la netteté de l'image ne laisse rien à désirer. L'objectif de 0m144 de foyer construit par Voigtlaender, sous le nom de lentille simple pour vues, donne des images d'une remarquable netteté; enfin, s'il est besoin d'objectifs simples à plus long foyer pour l'obtention de vues marines instantanées, les stéréoscopiques n° 2 (0m152 de foyer) et n° 3 (0m203 de foyer) de Dallmeyer sont précieux, car ils admettent une ouverture maxima de *f* 10 et sont par suite fort lumineux.

Ross construit des objectifs de même genre permettant d'obtenir très rapidement des négatifs stéréoscopiques.

1224. Objectifs doubles. — L'objectif double à portrait du type Petzval plus ou moins modifié constitue l'objectif admettant l'ouverture la plus grande. De nouveaux objectifs, tels que l'anastigmat *f*/4,5 (foyer 0m13), le symétrique universel de Ross (foyer 0m108 et 0m15), les rectilinéaires

extra-rapides (foyer 0m135 et 0m165) de Dallmeyer, Berthiot, etc., peuvent, dans presque tous les cas, remplacer l'objectif Petzval et doivent être préférés à tous les autres quand il s'agit d'obtenir des épreuves stéréoscopiques instantanées.

Lorsque la rapidité d'action n'est pas indispensable et s'il est utile que l'angle embrassé par l'objectif soit considérable, on se servira utilement des anastigmats *f*/12,5 et *f*/18 (foyers, 0m062, 0m98 et 0m86), des périgraphiques de Berthiot, des rectilinéaires grand angle de Dallmeyer, des concentriques de Ross. Ces objectifs sont extrêmement précieux lorsqu'il s'agit de reproduire soit des intérieurs, soit des monuments situés à faible distance de l'objectif. Il est à remarquer qu'il n'existe pas d'objectif pour images stéréoscopiques (dimension, 0m70 × 0m70) permettant d'embrasser un angle de 90°. On est donc obligé, lorsqu'il s'agit d'obtenir des vues à très grand angle, de faire un premier négatif sur plaque très grande (par exemple sur le format 0m18 × 0m24) divisée en deux; on réduit ensuite au format du stéréoscope le négatif obtenu.

Si l'on se sert d'une paire d'anastigmats n° 1 *f*/18 (de foyer 0m086) ou d'une paire de la série *f*/12,5 de foyer 0m62, on peut obtenir sur la plaque 0m18 × 0m24 deux images du format 0m12 × 0,18 dont la diagonale sous-tend un angle supérieur à 90°; en réduisant l'image on obtient une épreuve sous-tendant un angle considérable, supérieur à celui que l'on peut obtenir par l'emploi direct des objectifs ordinaires.

1225. Essai des objectifs. — Les objectifs destinés à fournir des images stéréoscopiques doivent tout d'abord satisfaire aux conditions d'emploi des objectifs ordinaires **(1097)**; de plus, chacun des deux objectifs doit avoir rigoureusement la même distance focale principale; en un mot, ils doivent être bien appareillés. On peut s'assurer qu'il en est ainsi par l'emploi du procédé suivant. Les deux objectifs à essayer sont fixés sur la chambre stéréoscopique : on commence par essayer l'objectif de gauche, on met au point, l'objectif étant muni de son plus grand diaphragme; la mise au point étant faite sur les objets les plus loin de la chambre noire (plus de cent fois la distance focale principale), on place le plus petit diaphragme de l'objectif et on fait poser la moitié de gauche de la plaque; cela fait on rentre dans le cabinet noir et on dispose la plaque dans le châssis négatif de façon à ce que la moitié de la plaque n'ayant pas posé puisse correspondre à l'objectif de gauche. On enlève alors cet objectif et on le remplace par celui qui était à droite, et cela sans modifier la position de la chambre noire; on met au point avec le plus grand diaphragme, on place ensuite le plus petit et on fait poser le même sujet en donnant exactement le même temps de pose. Si cette condition est bien réalisée, les deux images présenteront au développement la même intensité; si les deux distances focales sont égales, on devra trouver la même longueur pour la ligne qui joint deux points identiques sur les deux images.

M. Donnadieu[1] conseille d'opérer différemment. On dispose dans la chambre noire stéréoscopique une cache qui masquera, pendant une première pose, la moitié inférieure de chacune des deux épreuves; après cette

1. *Traité de photographie stéréoscopique*, p. 64.

pose, on referme le châssis et on change les objectifs de côté; cela fait, on remet la cache, en ayant soin cette fois de la placer au-devant de la moitié supérieure qui ayant déjà posé se trouvera ainsi à l'abri; on fera une seconde pose. Au développement, les deux images devront apparaître identiques et ne présenter aucun flou dans chacune de leurs moitiés. Soit AG (*fig. 139*) la première moitié de gauche et AD la première moitié de droite de la plaque; appelons OG l'objectif de gauche et OD l'objectif de droite; supposons que nous ayons une image AD très nette et AG légèrement floue.

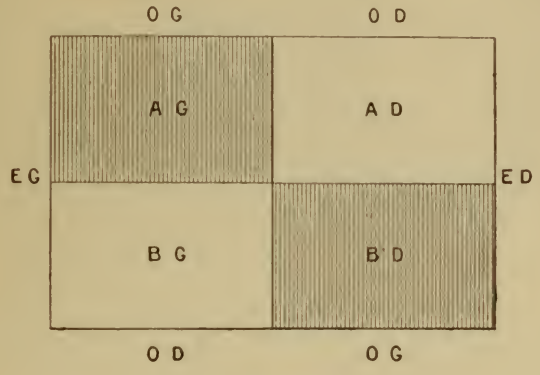


Fig. 139.

Si le manque de netteté provient de l'objectif OG, nous devons avoir BD moins net que BG. Il est très facile de se rendre compte de ce manque de netteté en promenant une loupe à la surface du négatif.

Ce procédé permet de vérifier en même temps si les deux objectifs sont également lumineux. En effet, en supposant que l'objectif OG soit le plus lumineux, on aura AG et BD un peu plus intenses que AD et BG ; si la différence d'intensité provient de vices de construction de la chambre ou du châssis, on aura AG et BG plus intenses que AD et BD.

Lorsque l'on a constaté par ce procédé que les deux objectifs ne donnent pas des images identiques sous le rapport de la netteté, il faut s'assurer que leurs embases arrivent au même niveau et que leurs moyens de fixation sur la planchette sont tels que la distance de chacun d'eux à la glace dépolie soit la même. L'épaisseur des planchettes, leur disposition, celle des rondelles, des filetages de l'embase, etc., peuvent faire varier cette distance. Le premier procédé que nous avons indiqué permet d'éviter cette cause d'erreur.

Les deux objectifs doivent être placés de telle façon que leurs axes soient situés dans le plan horizontal passant par le centre de la glace dépolie. Les rondelles des objectifs sont fixées soit sur une planchette n° 4 de $0^{m}15$ de côté, ou bien sur deux planchettes séparées de $0^{m}075$; quant aux distances qui doivent séparer les centres des objectifs, le Congrès de Bruxelles, tenu en 1891, a admis comme distance minima des centres des rondelles $0^{m}065$ et comme distance maxima $0^{m}090$. Ces nombres n'ont d'ailleurs rien d'ab-

solu, et dans le dernier cas les planchettes portant les objectifs peuvent être montées à déplacement, de manière à ce que l'axe de chacun des objectifs soit dans le plan vertical passant par le centre de la moitié de la plaque

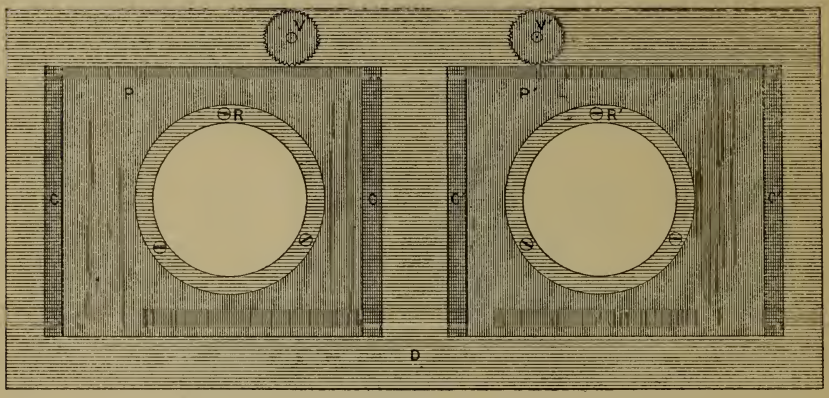


Fig. 140.

portant les deux images. C'est ainsi que si l'on opère sur plaque du format $0^m12 \times 0^m18$, les objectifs seront à une distance de 0^m09. Certaines chambres noires portent un dispositif permettant d'éloigner ou de rapprocher les objectifs (*fig. 140*); mais le plus souvent il n'y a aucun avantage à modi-

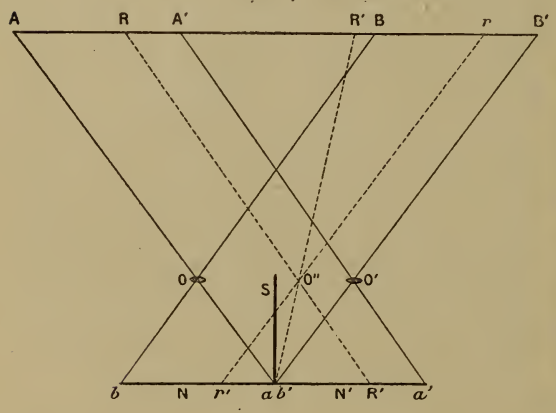


Fig. 141.

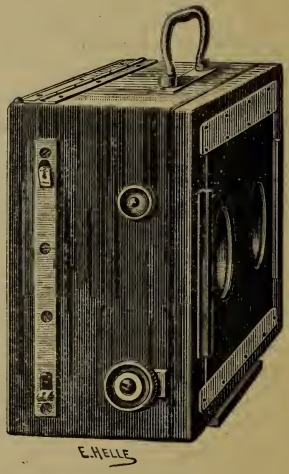


Fig. 142.

fier d'une manière un peu sensible l'écartement des objectifs. Si par un rapprochement exagéré on augmente le relief des premiers plans, les parties éloignées paraissent plates; si, au contraire, en exagérant l'écart on

donne du relief aux arrière-plans, ce sont les premiers qui n'en offrent plus. En pratique, il convient donc de fixer les objectifs au centre de chacune des moitiés des plaques. Si les objectifs sont placés dans ces conditions, les images seront de même étendue pour chaque côté correspondant; chaque image donnée par les objectifs O et O′ (*fig. 141*) occupera toute la moitié de la plaque qui lui est réservée[1].

1226. Chambres noires. — La chambre noire stéréoscopique constitue l'ensemble de deux chambres noires juxtaposées; il est utile que la cloison mobile qui sépare les deux chambres soit recouverte de velours mat, de manière à éviter tout reflet de lumière à l'intérieur de la chambre.

Pour maintenir la chambre stéréoscopique absolument horizontale pendant les opérations, M. Donnadieu fait appliquer sur une paroi latérale de la chambre et dans le plan de la glace dépolie un fil à plomb; le dispositif consiste en une règle de cuivre bien dressée et posée bien parallèlement à l'arête de la chambre noire (*fig. 142*).

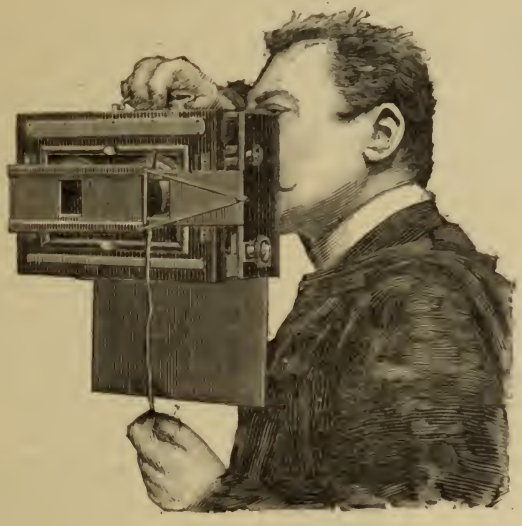


Fig. 143.

Les appareils stéréoscopiques sont, en général, de petite dimension; aussi peuvent-ils fonctionner sur un pied et dans certains cas être tenus à la main (*fig. 143*). Il est bon que la planchette portant les objectifs puisse se renfermer à l'intérieur, de telle sorte que l'instrument étant replié, les objectifs soient garantis de tout choc par la chambre même.

Un viseur (*fig. 144*) permet, dans le cas d'épreuves instantanées, de s'assurer de la mise en place du sujet; on enlève ce viseur quand l'appareil est replié; ce viseur peut être remplacé par une simple alidade (*fig. 145*).

1. Donnadieu, *Traité de photographie stéréoscopique.*

M. Français a récemment modifié son kinégraphe stéréoscopique. Au lieu du viseur qui se trouvait sur l'ancien appareil *(fig. 146)*, il se sert d'un troisième objectif *(fig. 147)* identique aux deux premiers et donnant par suite une image de même grandeur que celles fournies par ces objectifs.

Les obturateurs construits pour les épreuves simples peuvent être appareillés de façon à servir avec deux objectifs. Presque tous les constructeurs

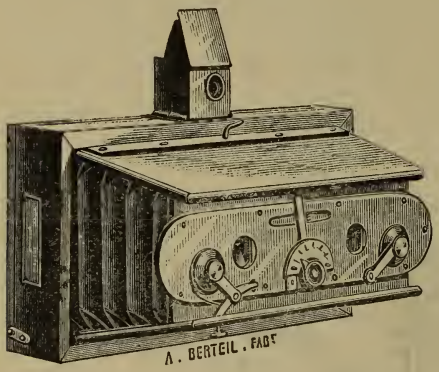


Fig. 144.

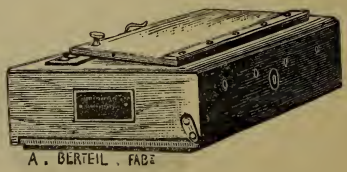


Fig. 145.

établissent aujourd'hui des obturateurs de cette nature; mais ces instruments ne peuvent, en général, fonctionner que pour un seul écartement donné des objectifs. M. Donnadieu se sert d'un obturateur à volet présentant quelques dispositions spéciales.

La planchette qui porte cet obturateur peut loger deux planchettes

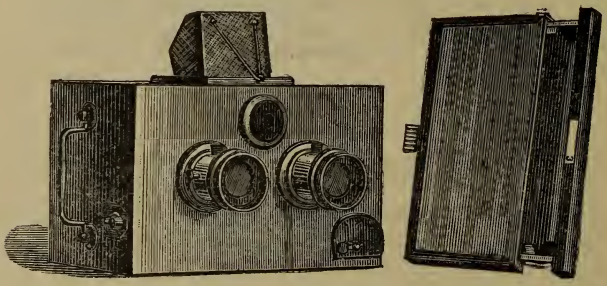


Fig. 146.

mobiles qui se comportent exactement comme les planchettes mobiles supportant les objectifs sur les chambres. Ces planchettes isolées peuvent elles-mêmes être remplacées par d'autres analogues, dont les trous sont en rapport avec les parasoleils des objectifs sur lesquels elles doivent s'appliquer. En changeant ces planchettes, on peut faire servir le même obturateur aux différents objectifs s'adaptant à la chambre noire. La charnière d'articu-

lation A de cet obturateur *(fig. 148)* est rendue aussi douce que possible. Un caoutchouc C, d'une force juste nécessaire pour ramener le volet V, est attaché au bas et à l'intérieur du volet par l'une de ses extrémités, puis il passe à l'intérieur contre la face interne du volet. Il s'applique contre cette face, passe ensuite sous la charnière et va enfin s'insérer sur la planchette qui porte le volet. Un simple fil est fixé en dehors et en bas du volet. Il suffit, pour manœuvrer l'obturateur, de soulever à volonté, plus haut ou plus bas, plus longtemps ou plus vite, le volet à l'aide du fil, manipulation qui se fait sans secousses.

Si les premiers plans du sujet que l'on photographie sont plus éclairés que les lointains, ce qui peut se présenter quelquefois, ils doivent poser moins longtemps que les autres. Dans ce cas, on renverse l'obturateur sur lui-même; on le place le haut en bas et on opère la traction par le bas. Le caoutchouc exerce l'action nécessaire pour refermer le volet, ce que n'eût pas fait la simple charnière à bouton, et, dans ces nouvelles conditions, la

Fig. 147.

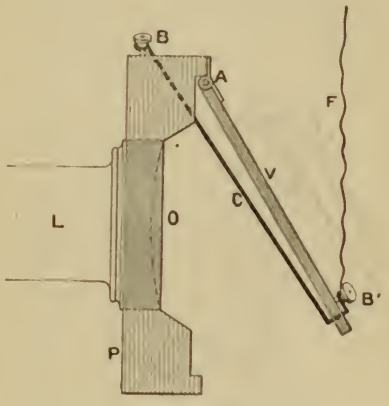


Fig. 148.

pose s'effectue très facilement. Cet obturateur permet donc d'obtenir des temps de pose instantanés, tout en permettant aussi d'ouvrir l'objectif pendant le nombre de secondes nécessaire à la pose.

1227. Format des négatifs. — Il convient d'adopter la dimension $0^m12 \times 0^m18$ pour les négatifs stéréoscopiques; c'est le format désigné sous le nom de demi-plaque par les décisions des Congrès de photographie. Cette dimension ne se trouvant pas toujours dans le commerce, on peut l'obtenir très facilement en partageant en deux, à l'aide d'un diamant, la plaque normale ordinaire de $0^m18 \times 0^m24$ que l'on trouve partout. En se servant d'un calibre à couper les glaces (*fig. 149*), dont la règle R est maintenue par une vis de pression V dont on aperçoit le profil (*fig. 150*), l'opération se fait très régulièrement. On coupe la plaque du côté du verre, en appuyant la couche de gélatine sur des feuilles de papier buvard très propre, sur lesquelles on passe de temps en temps le blaireau

pour éliminer les petits éclats des coupures, ceux-ci pouvant s'incruster sur la gélatine ou la rayer.

On a fait quelques épreuves stéréoscopiques sur plaques du format $0^m30 \times 0^m40$ et $0^m24 \times 0^m30$; ce n'est qu'exceptionnellement que l'on peut avoir recours à des images d'aussi grandes dimensions, dont l'examen est assez fatigant pour les yeux de l'observateur.

§ 2. — MATÉRIEL POUR PHOTOCOPIES STÉRÉOSCOPIQUES.

1228. Photocopies sur papier. — Le matériel employé pour le tirage des photocopies stéréoscopiques sur papier ne diffère pas de celui que l'on emploie pour les tirages ordinaires ; il est bon que les châssis positifs

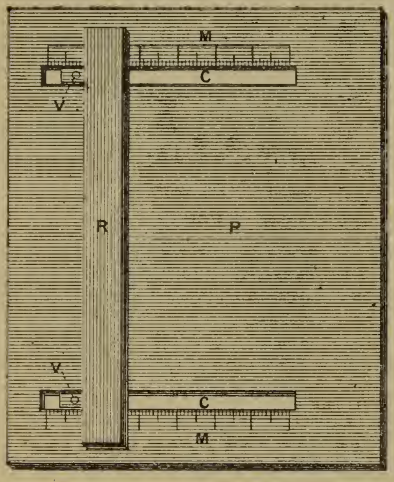


Fig. 149.

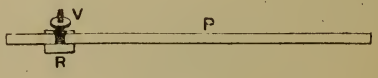


Fig. 150.

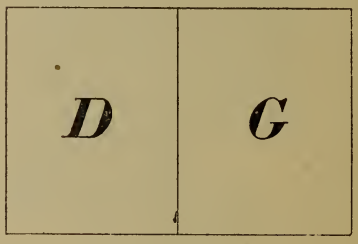


Fig. 151.

soient un peu plus grands que les négatifs, de manière à permettre plus facilement les manipulations du papier.

Le calibre en verre dépoli destiné à rogner les épreuves sur papier doit être de forme rectangulaire. C'est un rectangle de 0^m70 de hauteur, et dont la longueur se compose de deux fois la largeur de l'épreuve ($0^m066 \times 2 = 0^m132$), plus 0^m004 distance des deux épreuves.

1229. Photocopies sur verre. — Le tirage des photocopies sur verre peut se faire soit par application du négatif contre la surface sensible, soit en copiant le phototype à la chambre noire.

Si l'on n'emploie pas de châssis spécial, il faut couper les deux images positives pour les transposer et les monter sur verre, opération qui est assez délicate ; il vaut mieux se servir du châssis à tirage stéréoscopique. Soit un négatif N (*fig. 151*) dont les images D et G sont l'une à droite,

l'autre à gauche. Le châssis positif qu'il convient d'employer est fait d'un cadre garni d'une partie pleine, au centre de laquelle on a ménagé un jour correspondant seulement à la grandeur F (*fig. 152*) de l'image positive

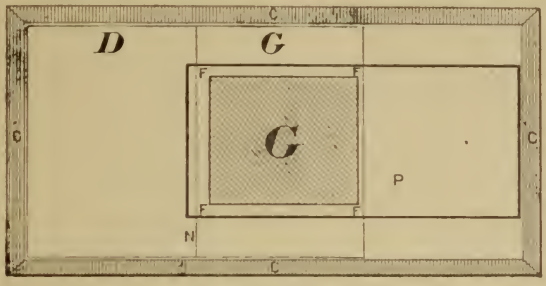


Fig. 152.

qu'on se propose d'obtenir; on donne à l'intérieur du châssis une dimension supérieure à une fois et demie la dimension totale de la plus grande plaque employée; on munit l'ouverture centrale d'un volet plein, qu'on

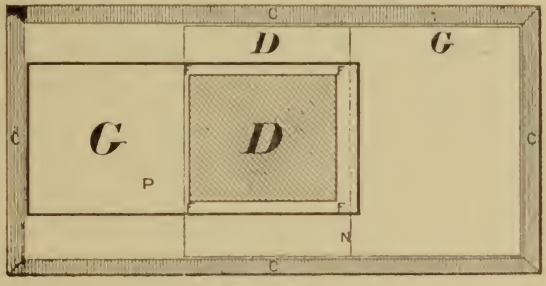


Fig. 153.

découvre au moment de la pose, comme dans le châssis rectographe, et on garnit le châssis à l'intérieur d'une glace sur laquelle on fait glisser la plaque négative; on place le négatif de manière que la partie G corres-

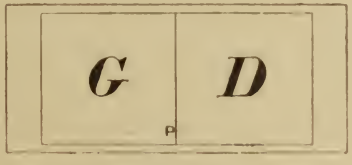


Fig. 154.

ponde à l'ouverture de pose, et on applique contre lui la plaque à imprimer P en la faisant buter contre le côté opposé du châssis : on reçoit donc l'image gauche G du négatif sur le côté droit de la plaque positive. Lorsque la pose est terminée, on exécute la manœuvre inverse : on repousse le

négatif en sens inverse, de manière qu'il vienne présenter son épreuve de droite D en face de l'ouverture (*fig. 153*), on repousse la plaque positive P contre le bord opposé pour qu'elle vienne appliquer sa partie gauche contre l'épreuve de droite du négatif, on exécute la seconde pose, et, au développement, les deux images G et D (*fig. 154*) sont transposées par

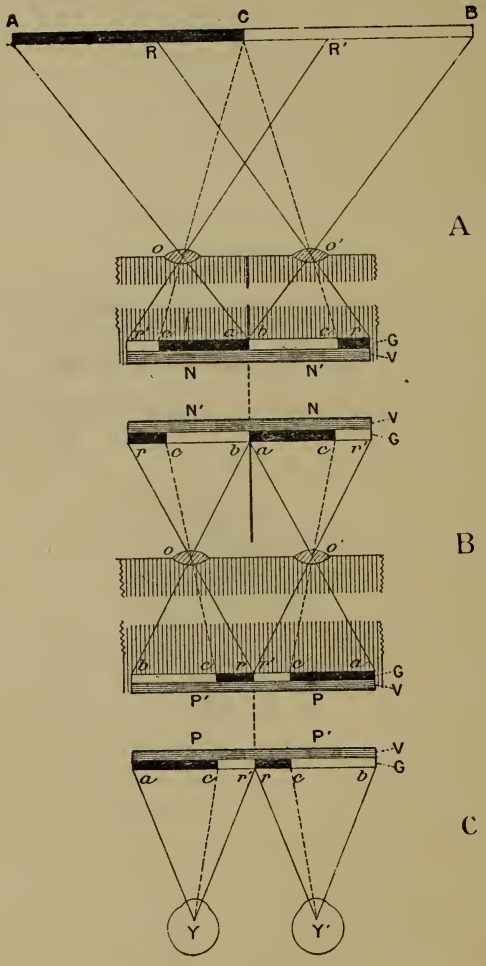


Fig. 155.

rapport au négatif. On peut effectuer cette manœuvre à l'aide du châssis rectographe (**1196**) muni de diaphragmes qui permettent d'allonger le temps de pose, qu'il devient alors facile de mesurer avec une exactitude suffisante pour obtenir l'égalité des deux épreuves.

M. A. Buguet remplace la face en bois du châssis rectographe et son ouverture à volet par une cache en carton ou en papier, qu'il applique à

l'intérieur du châssis contre la glace. Le négatif est fixé une fois pour toutes contre la cache dans laquelle sont découpées deux ouvertures correspondant aux deux images. Tout châssis ordinaire ayant deux fois la longueur de la plaque peut donc servir, et il n'est pas absolument indispensable de recourir à un châssis spécial, si l'on place à l'intérieur du châssis des guides combinés d'après les dimensions adoptées et si l'on fait le tirage à la lumière d'une bougie.

1230. Copie à la chambre noire. — Si l'on examine un négatif stéréoscopique à l'aide du stéréoscope, on pourra, ou bien placer la couche qui constitue l'image en regard des lentilles de l'instrument, ou bien disposer la face du verre qui constitue le verso de l'image entre les lentilles et l'image sur verre. Il n'est pas indifférent, lorsqu'on copie le négatif à l'aide de la

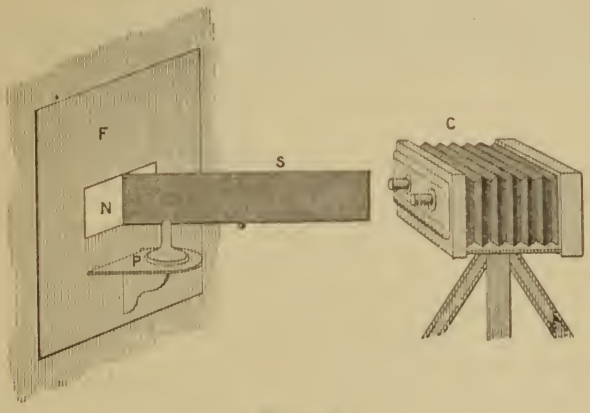


Fig. 156.

chambre noire, de placer le négatif dans l'une ou l'autre de ces positions : il pourrait y avoir retournement et l'image serait symétrique de celle qui existe dans la nature. Il est facile de se rendre compte de ce fait en examinant la *figure 155*, dans laquelle A représente la position de la chambre noire lorsque l'on obtient directement le négatif stéréoscopique d'après le sujet; B montre l'obtention du positif en copiant à la chambre noire le négatif précédent; enfin, C représente l'examen stéréoscopique du positif obtenu. Si l'épreuve positive doit être examinée par sa face, le négatif doit être placé la gélatine en dedans, vers les objectifs; on peut dire, d'une manière générale, qu'on présentera aux objectifs la face du positif qu'on présentera aux yeux.

On place au-devant du négatif et contre sa gélatine, quelle que soit la position de cette dernière, une cache mobile faite de carton bristol noir et bien découpée, dont les bords soient perpendiculaires les uns sur les autres; à une certaine distance du négatif, et du côté opposé à la chambre noire, on place un verre dépoli; on dispose ensuite entre les deux images une cloison de carton. L'emploi de cette cloison permet d'utiliser une chambre noire

quelconque, pourvu qu'on puisse placer sur sa planchette frontale deux objectifs. On peut même se contenter d'un seul objectif que l'on déplace de manière à l'amener successivement sur le prolongement de la perpendiculaire au plan de l'image passant par le centre de celle-ci. La cloison qui

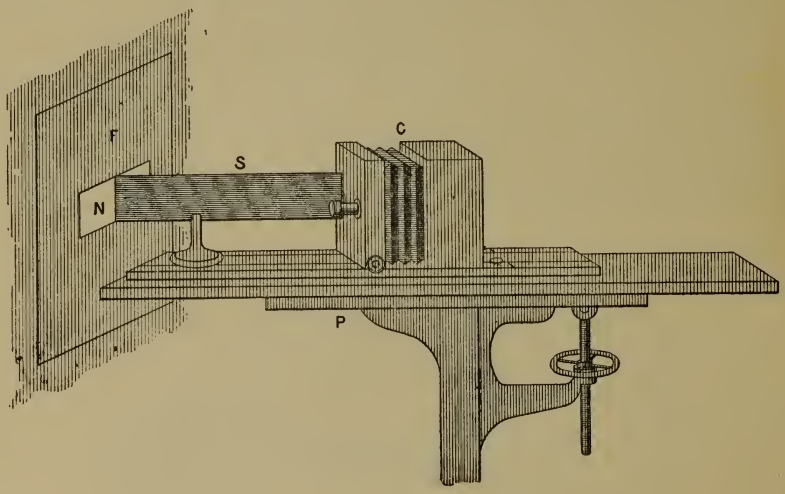


Fig. 157.

sépare les deux images doit aller presque jusqu'au niveau des objectifs; elle doit être un peu plus haute que la hauteur du négatif et s'appliquer bien exactement contre celui-ci.

Le dispositif nécessaire à la copie des négatifs à la chambre noire est fort simple. Un cadre opaque F *(fig. 156)* est placé contre une fenêtre; dans

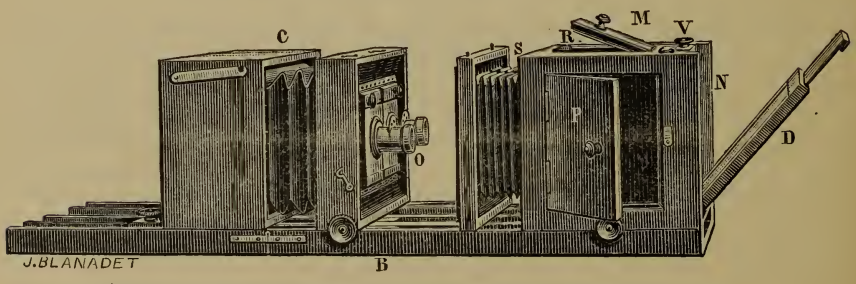


Fig. 158.

le cadre on découpe une ouverture suffisante pour recevoir le cadre intermédiaire N portant le négatif à copier; la cloison S se place sur un support P et la chambre noire C peut être disposée sur un pied ordinaire. Il vaut mieux cependant se servir d'une chambre noire et d'un pied d'atelier; on peut alors placer la cloison S *(fig 157)* en avant de la base.

MM. Poulenc frères ont construit, sur les indications de M. Donnadieu[1], un appareil spécial permettant de copier très commodément les négatifs stéréoscopiques. Une chambre stéréoscopique C *(fig 158)* est placée sur une base B et peut se mouvoir sur cette base. Le corps de chambre noire M peut être relié à la chambre noire C; les soufflets S de ce corps sont distincts et la boîte P est divisée en deux compartiments par une planchette pleine. Le négatif à copier se place en N dans un cadre qui peut être arrêté à la posi-

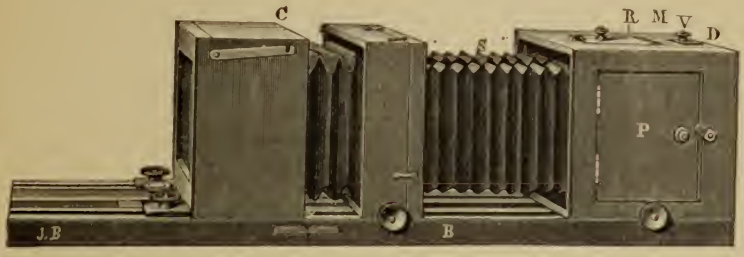


Fig. 159.

tion convenable, grâce à une vis de serrage V; les portes PR qu'on soulève permettent de placer exactement la ligne médiane du négatif contre la cloison; le cadre D qui se rabat à charnières porte le verre dépoli indispensable pour la copie du négatif et le volet de pose.

Pour se servir de l'appareil, on commence par appliquer la cache contre l'image afin d'éviter la lumière diffuse passant à travers l'épaisseur du verre, on met le négatif en bonne place, on dispose les objectifs de manière à obtenir le maximum de netteté, et l'on remplace le verre dépoli par la plaque sensible. On effectue la pose en soulevant le volet D (*fig. 159*) qui glisse entre des rainures.

1. *Traité de photographie stéréoscopique*, p. 191.

CHAPITRE II.

PROCÉDÉS OPÉRATOIRES.

§ 1. — ÉPREUVES SUR PAPIER.

1231. Impression sur papier. — L'obtention des négatifs stéréoscopiques ne présente rien de particulier; ils peuvent être obtenus par tous les procédés permettant de produire un phototype négatif.

Il faut éviter d'imprimer les images stéréoscopiques sur un papier dont la surface serait trop brillante, à cause du miroitement qui se produit pendant que l'on examine l'image dans le stéréoscope. Si l'on se sert de papier au gélatino-chlorure ou au collodio-chlorure, on fera sécher les épreuves sur une glace finement dépolie et recouverte de cire.

Le tirage de l'épreuve ne présente rien de particulier, excepté dans le cas

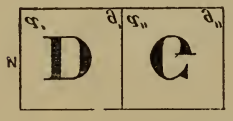


Fig. 160.

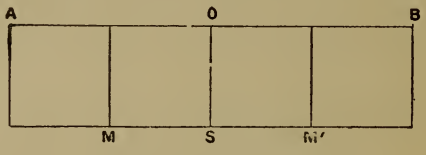


Fig. 161.

où les deux images négatives possèdent l'écartement nécessaire pour la vue stéréoscopique. On peut alors utiliser le procédé indiqué par M. Ennel[1], pourvu que l'on imprime deux épreuves à la fois. Soit N (*fig. 160*) le négatif à copier et ses deux moitiés D et G. On prend une bande de papier sensibilisé AB (*fig. 161*) ayant deux fois la longueur des deux épreuves à obtenir, on marque le milieu OS de cette bande, et l'on plie chacune des moitiés ainsi déterminées suivant leurs milieux respectifs en intercalant entre le revers du papier une bande de carton noir ou jaune MOM'; on applique le papier ainsi plié contre le négatif de manière à impressionner la grande bande suivant DG (*fig. 162*); cela fait, on retourne le papier et on l'applique con-

1, Liébert, *La photographie en Amérique*, 1874, p. 434.

tre le négatif par les deux moitiés libres DG (*fig. 163*) : on imprime donc deux images placées comme les premières, avec lesquelles elles sont adossées. En dépliant toute la bande et la coupant en son milieu OS on

Fig 162.

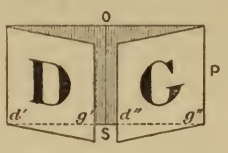


Fig. 163.

obtient deux épreuves définitives EE′ (*fig. 164*) dont chacune forme une image stéréoscopique complète, que l'on peut coller sur carton sans être obligé de faire l'inversion des images **(870)**.

§ 2. — ÉPREUVES SUR VERRE.

1232. Tirage par application. — Si l'on ne se sert pas d'un châssis spécial pour le tirage des épreuves stéréoscopiques sur verre on emploiera le dispositif suivant. Dans un carton de l'épaisseur ordinaire du verre des

Fig. 164.

négatifs on découpe un rectangle ayant exactement la grandeur des négatifs; sur ce premier cadre, on colle un deuxième carton, de même épaisseur, mais dont le rectangle, coupé à la même hauteur, aura cependant une lar-

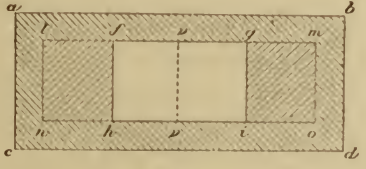


Fig. 165.

geur double de celle du rectangle dans le premier carton. Les deux épaisseurs superposées forment le cadre *abcd* (*fig. 165*). Dans le carton inférieur, on aura fait l'ouverture *fghi*; dans le supérieur, l'ouverture *lmno* ; on place en *fghi* le phototype qu'il s'agit d'imprimer. Après avoir disposé le tout sur

la glace du châssis-presse, dans le laboratoire obscur, on met sur le négatif une plaque sensible de dimension convenable; la plaque doit occuper la partie *vmvo;* en *vlvn* on dispose un carton formant cache, on ferme le châssis et on expose à la lumière. Pour impressionner la seconde moitié de la plaque on rentre dans le laboratoire, on met le côté non impressionné de la plaque en *vlvn*, la cache est placée en *vmvo*, on donne rigoureusement la même pose (c'est là ce qui constitue la principale difficulté), puis l'on développe.

Il existe de très nombreux procédés permettant d'obtenir des positives par contact (**856**). Depuis quelque temps on trouve dans le commerce des glaces au gélatino-chlorure, que l'on développe avec le bain à l'oxalate ferreux. On lave complètement la couche de gélatine et on la plonge dans un bain

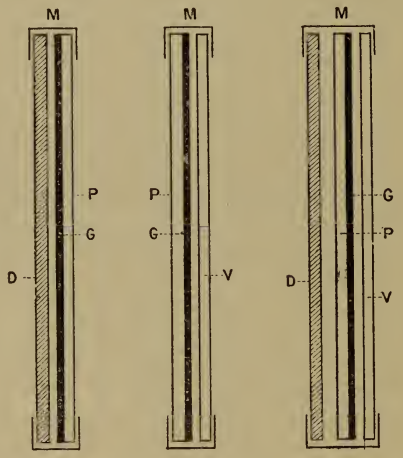


Fig. 166. Fig. 167. Fig 168.

de virage et fixage combinés, contenant: eau, 1,000 c. c.; hyposulfite de soude, 200 grammes; acétate de soude, 50 grammes; sulfocyanure d'ammonium, 20 grammes; solution de chlorure d'or à 4 %, 15 c. c. On abandonne l'épreuve dans ce bain jusqu'à ce qu'elle présente la teinte désirée.

1233. Tirage à la chambre noire. — Ce mode de tirage permet de réduire à dimension convenable les grands négatifs pour stéréoscope. En général, il vaut mieux, sous le rapport de la netteté, placer la gélatine en dedans, vers les objectifs; cette manière de procéder impose le mode de montage des épreuves sur verre.

Les procédés les plus employés sont : 1° le procédé au gélatino-bromure (émulsion lente); 2° le procédé sur albumine (**252**, **259**) : c'est celui qui donne les images les plus fines; 3° les divers procédés de collodion sec. Ces derniers procédés exigent un temps de pose bien plus long que si l'on employait des plaques au gélatino-bromure; en revanche, l'image est plus fine que celle obtenue par l'emploi de ce dernier procédé, et l'opérateur peut

modifier facilement la nature de l'épreuve sur verre, ce qui n'est pas toujours facile par l'emploi du gélatino-bromure. Les épreuves obtenues par ces deux derniers procédés doivent être protégées à l'aide d'un verre mince recouvrant l'image.

Les glaces au gélatino-chlorure peuvent être employées pour le tirage des

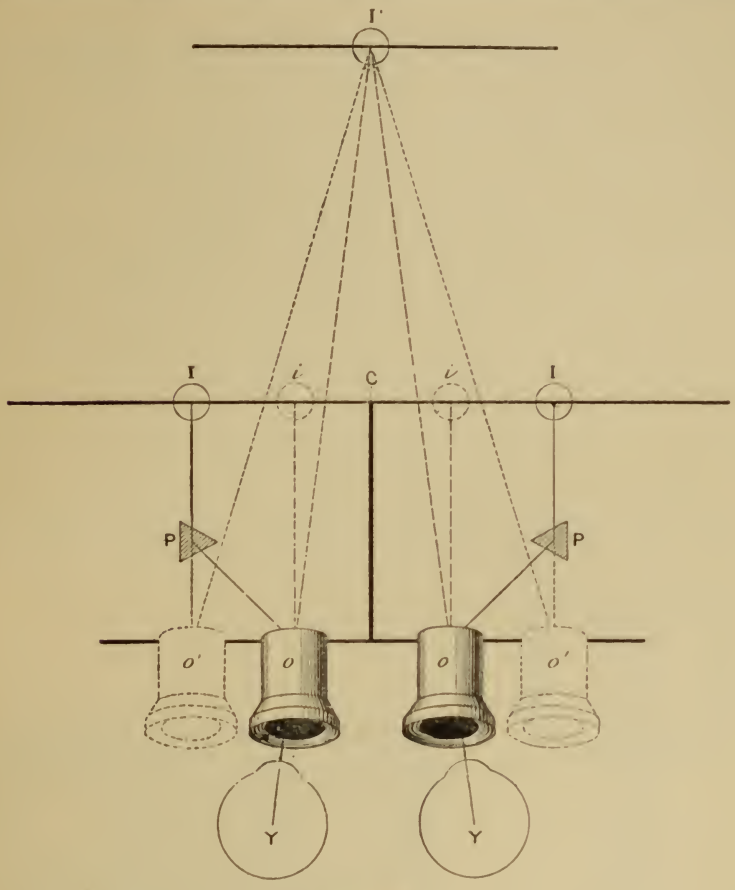


Fig. 169.

épreuves sur verre à la chambre noire; mais, dans ce cas, le négatif doit être éclairé à l'aide de la lumière solaire ou de l'éclair magnésique; la pose est, en effet, très longue lorsqu'on se sert de la lumière diffuse comme source d'éclairage.

1234. Montage des épreuves stéréoscopiques sur verre. — Dans le tirage à la chambre noire il vaut mieux présenter aux objectifs la face du négatif qui porte l'image; c'est donc la face du positif portant l'image

que l'on présentera aux yeux. Si l'image est obtenue sur plaque au gélatino-bromure, il est inutile de la recouvrir d'un verre couvre-image; il suffit de l'encadrer avec ces caches découpées que l'on trouve dans le commerce; on colle une étiquette sur la cache et tout est terminé. Il est inutile de doubler l'épreuve positive d'un verre dépoli, car tous les stéréoscopes sont munis de cet accessoire.

Quelques opérateurs préfèrent monter les épreuves avec un verre dépoli, ou mieux un verre opale. Dans ce cas, le négatif copié à la chambre noire doit présenter la face verre aux objectifs. On monte l'épreuve positive comme l'indique la *figure 166*.

Si l'on se contente pour couverture d'un verre ordinaire, comme l'indique la *figure 167*, on applique les étiquettes sur la couche portant l'image, et les étiquettes, comme la couche, sont protégées par le verre *couvre-image*. Enfin, l'on peut adopter un troisième mode de montage (*fig. 168*) : la couche de gélatine G est recouverte d'un couvre-image V, et derrière la face verre P on applique un verre dépoli D. Les étiquettes, encadrements, etc., se placent entre V et G. Ce système de montage est le plus cher, le plus compliqué et le plus incommode que l'on puisse employer; il présente d'ailleurs l'inconvénient très sérieux de charger outre mesure les chaînes qui maintiennent les épreuves dans les stéréoscopes américains.

§ 3. — DES STÉRÉOSCOPES.

1235. Diverses formes de stéréoscopes. — Lorsqu'il s'agit d'examiner des épreuves stéréoscopiques de grand format, comme celles faites

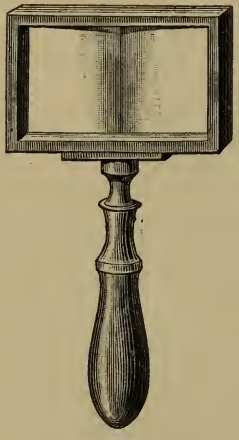


Fig. 170.

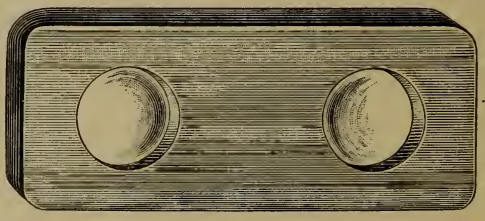


Fig. 171.

sur des plaques de $0^m24 \times 0^m30$, ou $0^m30 \times 0^m40$, on ne peut conserver les stéréoscopes ordinaires, puisque les centres des images seraient écartés de 0^m20; il faudrait que les lentilles $o'o'$ de l'instrument soient à 0^m20 de distance l'une de l'autre (*fig. 169*). Il serait donc impossible de les pré-

senter aux yeux; il faut qu'elles se présentent à leur écartement indiqué en *oo*; on place en PP des prismes d'angle convenable, comme l'avait indiqué Dubosq.

M. Boyer emploie deux verres stéréoscopiques en leur donnant la forme rectangulaire. Ces verres, qui sont destinés à regarder des images de grande dimension, sont sertis dans un cadre en cuivre et montés comme une loupe ordinaire (*fig. 170*). L'appareil ainsi disposé peut être promené sur les épreuves et permet de les examiner très facilement.

M. A. Buguet a fait construire un binocle stéréoscopique (*fig. 171*) : c'est un cadre formé de deux planchettes percées, entre lesquelles les verres sont incrustés; les deux planchettes sont reliées entre elles et recouvertes par un morceau de carton.

BIBLIOGRAPHIE

Chable. *Travaux de l'amateur photographe en hiver.*
Coupé (l'abbé). *Méthode pratique pour l'obtention des diapositives.*
Donnadieu. *Traité de photographie stéréoscopique.*
Fourtier. *Les positifs sur verre.*

LIVRE VI

APPLICATIONS SCIENTIFIQUES

CHAPITRE PREMIER

MICROPHOTOGRAPHIE

§ 1. — MATÉRIEL DE MICROPHOTOGRAPHIE.

1236. Microscopes. — Parmi les nouveaux modèles de microscopes construits spécialement en vue de la microphotographie, il convient de signaler le microscope du Dr H. Van Heurck pour étude et photographie des diatomées et pour toutes recherches délicates (*fig. 172*).

Ce modèle est construit par MM. Watson, opticiens à Londres. Le pied de l'appareil est en fer à cheval bronzé, inférieurement creusé sur trois points extrêmes, et les cavités sont remplies par de petits blocs de liège légèrement saillants. Ce liège a pour effet d'amortir les vibrations qui pourraient être communiquées à l'instrument par la table qui le supporte, et permet d'éviter le glissement de l'appareil et les avaries que les angles du pied pourraient produire sur une table polie. Une colonne de cuivre, articulée à sa partie supérieure pour obtenir l'inclinaison de l'instrument, supporte tout le microscope; une vis de pression permet de fixer l'instrument dans les diverses positions. Le support qui maintient la platine est fait d'une seule pièce coulée et se prolonge jusque dans l'articulation du sommet de la colonne; le support du tube s'emboîte dans le support de la platine et y est fixée par six vis, ce qui lui donne la même rigidité que si le tout ensemble était coulé d'un seul bloc. Les deux pièces emboîtées sont traversées par l'écrou de serrage pour l'inclinaison.

La platine peut tourner sur son axe et le mouvement de rotation est très doux, grâce au dispositif adopté; deux plaques superposées, analogues à celles qui existent dans les anciens modèles de Ross, commandées par

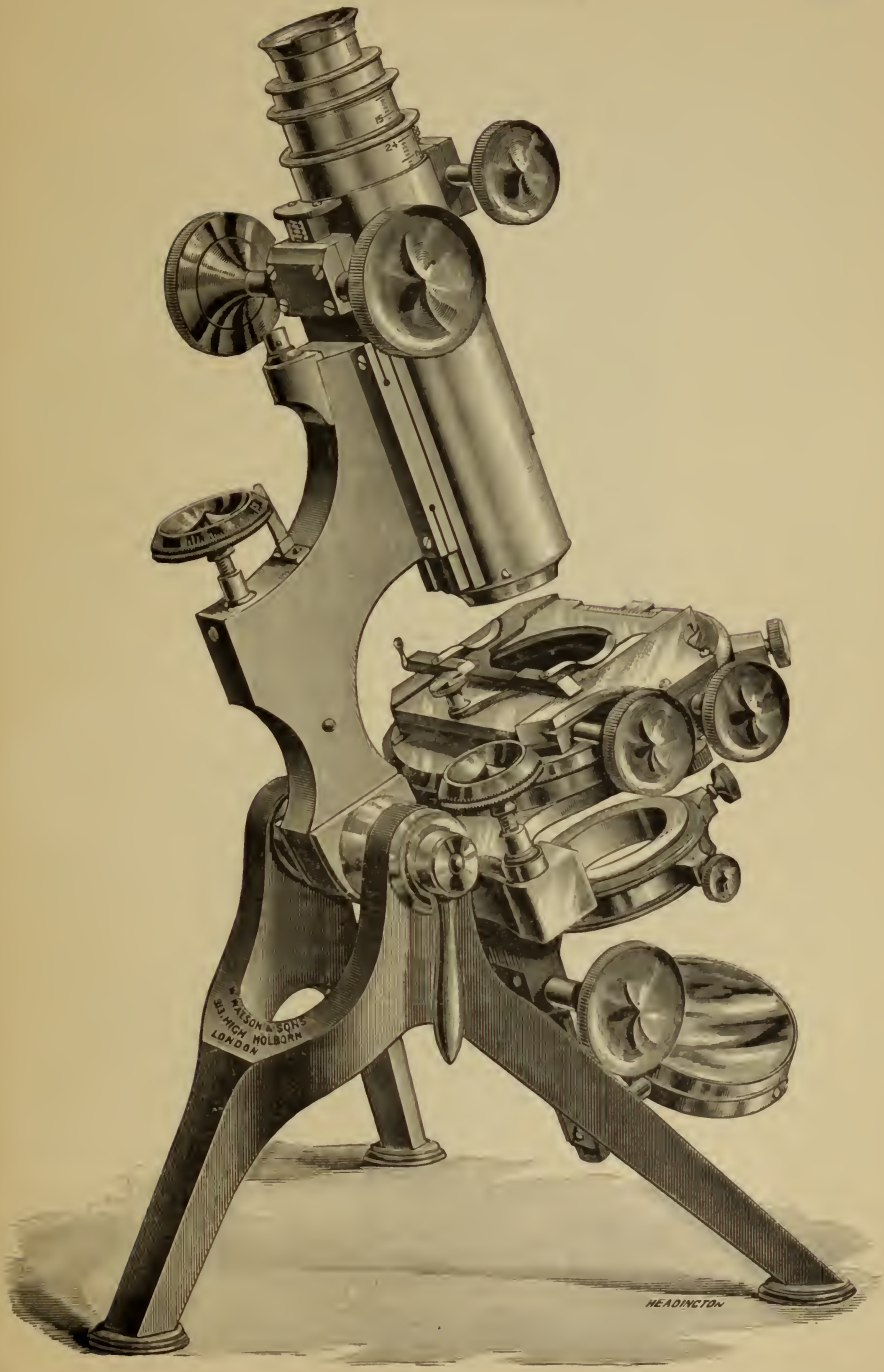


Fig. 172.

des boutons latéraux, transmettent deux mouvements rectangulaires à la préparation qui peut parcourir une étendue de 0m025 dans deux directions rectangulaires. Le chemin parcouru par la préparation peut être mesuré dans ces deux directions grâce à une règle graduée qui se trouve sur le bord de l'appareil.

Le support du tube renferme le mouvement lent. Ce tube, aussi bien pour le mouvement rapide que pour le mouvement lent, se meut entre des guides qui au besoin peuvent être relâchés ou resserrés. A la partie supérieure du porte-tube se trouve un bouton qui, s'ajustant dans un petit support à vis calantes, permet d'immobiliser tout l'instrument dans la position horizontale lorsqu'il s'agit de photographier dans cette position. Le tube est à tirage; entièrement fermé, il a une longueur de 0m160, c'est-à-dire la longueur nécessaire pour l'emploi des objectifs continentaux; complètement tiré, il mesure 0m260 et peut alors servir avec les objectifs anglais. Le pas de la vis micrométrique est d'environ 13 centièmes de millimètre et la graduation de la tête du pas de vis permet d'apprécier le centième du pas.

La sous-platine porte un mécanisme de centrage pour les divers appareils condensateurs. La mise au point de l'appareil condensateur **(879)** peut se faire d'abord à l'aide d'une crémaillère, puis avec une vis micrométrique d'une grande précision. Le mouvement lent est produit par un levier comme dans le mouvement lent du tube, et le bouton molleté qui commande la vis se trouve placé au-dessus de la platine et tout près de la vis micrométrique du tube : on peut ainsi ajuster les deux mouvements lents à l'aide d'une seule main. La sous-platine reçoit un iris-diaphragme sur lequel peuvent se placer les parties optiques des divers condensateurs.

M. Mayall[1] a reproché au système de mouvement lent adopté par M. Van Heurck son manque de précision, ce qui est un défaut capital pour la photomicrographie et l'emploi de l'appareil avec les objectifs puissants; de plus, le mouvement lent de la sous-platine est une cause de gêne lorsque l'on veut faire tourner la platine; il constitue un obstacle à la stabilité de la sous-platine. Ces objections ne nous paraissent pas fondées étant données l'habileté des constructeurs et la précision qu'ils apportent dans l'établissement de leurs appareils; après examen d'un de ces microscopes, ces critiques ne nous semblent pas justifiées.

M. Baker[2] a construit pour M. A. Pringle un instrument spécial remarquable par sa grande stabilité : le tube du microscope est soutenu par un support en fer, ce qui évite toute flexion.

Depuis peu de temps, MM. Zeiss construisent un appareil vertical se composant d'une chambre noire solide et assez longue, glissant le long d'une tige rigide, divisée et portée par un large trépied en fonte. La tige-support peut pivoter autour de son axe dans un manchon de fonte fixé au centre du pied; une vis de pression permet de fixer la tige dans toute position de son mouvement rotatoire. Leitz, Waston et Sons, et principalement Bézu et Hauser, à Paris, ont construit récemment d'excellents modèles pour photographier les images données par le microscope, l'axe de l'appareil étant vertical.

1. *Journ. of the R. micr. Soc.* 1891, p. 434. — 2. *Ibid.*, 1891.

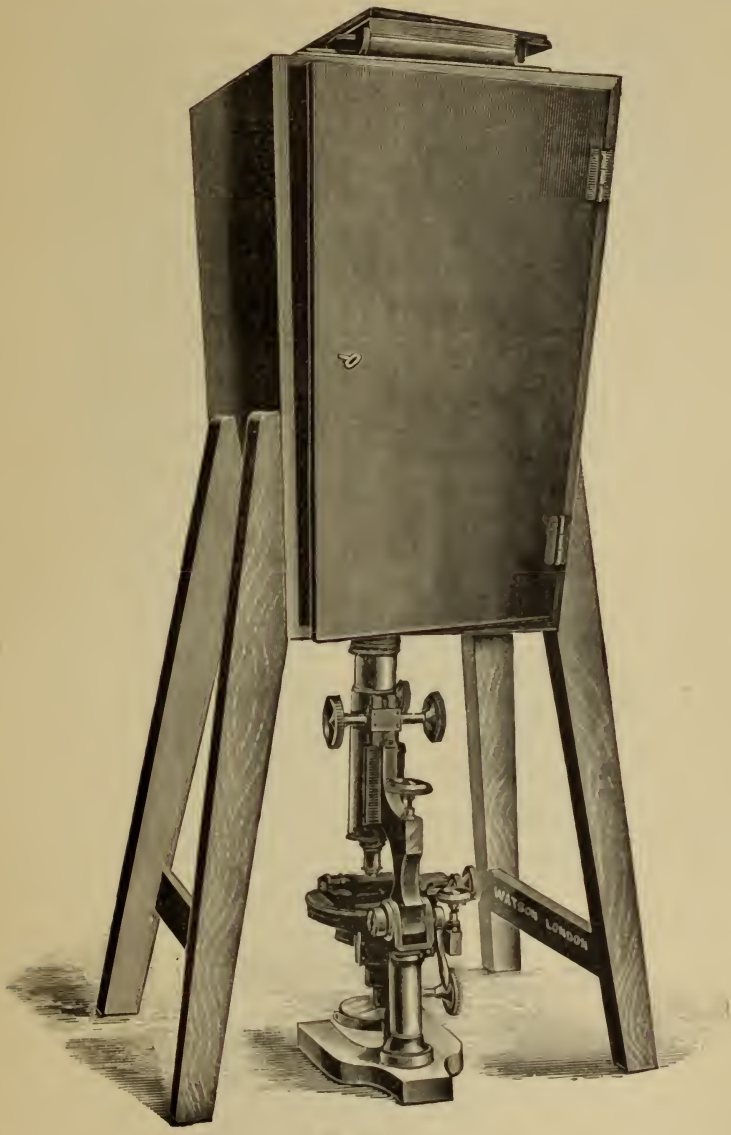


Fig. 173.

MM. Watson et Sons ont construit, sur les indications de M. Van Heurck, un appareil vertical de microphotographie (*fig. 173*), remarquable par sa grande stabilité. L'éclairage et la mise au point de la préparation étant effectués, il suffit de remplacer l'oculaire ordinaire par un oculaire de projection pour obtenir l'image sur le châssis de la chambre noire.

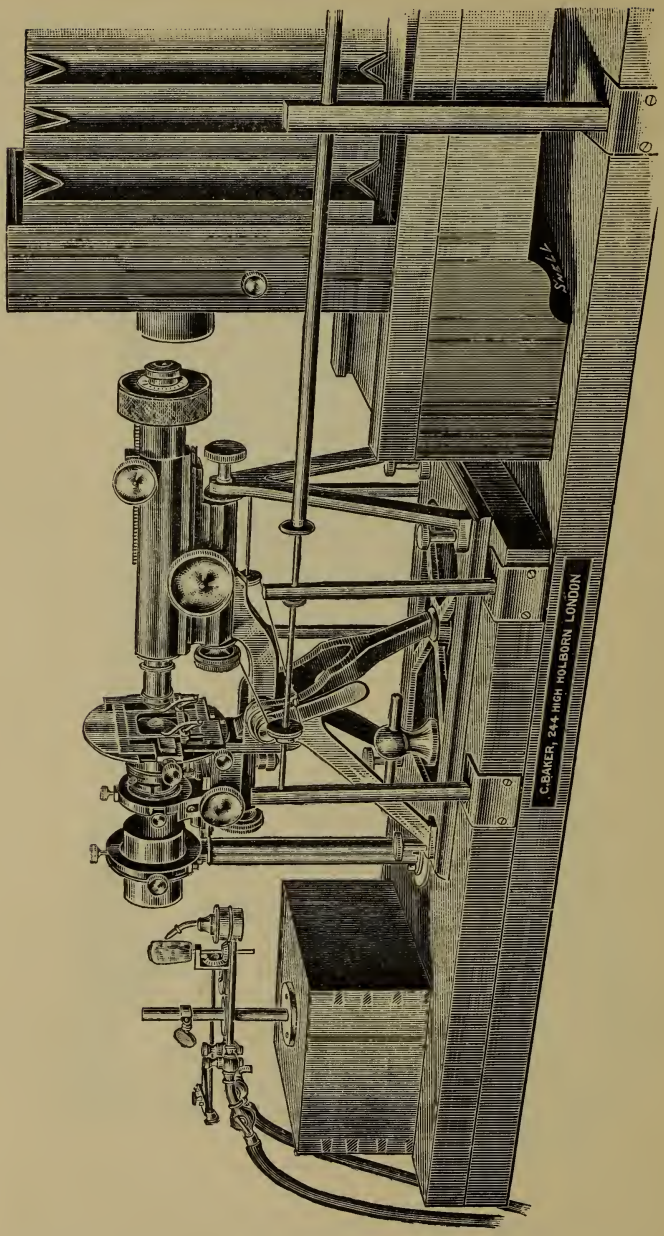


Fig. 174.

Baker, de Londres, a établi pour M. A. Pringle un appareil microphotographique horizontal utilisant la lumière oxhydrique pour toutes les combinaisons d'éclairage (*fig. 174*) et absolument stable.

M. W. H. Walmsley [1] se sert d'une petite chambre à main qu'il place sur un support très solide disposé en regard du microscope, l'axe de ce dernier étant horizontal; un soufflet de cuir unit le microscope à la chambre noire. Pour les négatifs obtenus avec faible amplification, on peut terminer la mise au point en examinant l'image qui vient se peindre sur la glace dépolie munie d'un couvre-objet très mince collé à l'aide de baume du Canada; on examine l'image à la loupe et l'on agit en même temps sur la vis micrométrique. La source de lumière utilisée est une simple lampe à pétrole que l'on place tout près du condensateur sans employer de miroir. Les forts grossissements peuvent être obtenus à l'aide d'un « amplifier, » lentille négative achromatique placée à l'intérieur du tube : c'est à l'aide de cet amplificateur (**878**) que Woodward a obtenu en 1871 ses belles microphotographies.

M. le Dr Capranica [2] se sert pour la microphotographie instantanée d'un oculaire analogue à l'oculaire stéréoscopique de Abbe : l'un des oculaires sert de chercheur, l'autre est obturé par un prisme à réflexion totale servant d'obturateur et qui peut être ramené en arrière pour donner passage à la lumière au moment convenable. Pour réussir ces sortes de microphotographies il faut un pied de microscope absolument stable (tels que ceux de Powel et Lealand, le modèle de Ross avec « swinging-substage, » celui de Nachet, etc.), et un éclairage suffisamment intense.

1237. Objectifs. — Presque tous les bons opticiens fabriquent aujourd'hui des objectifs apochromatiques (**876**). Parmi les instruments de ce genre qu'il convient de signaler, nous citerons en première ligne la nouvelle série apochromatique et en particulier l'objectif 1/12 de Powel et Lealand à immersion homogène. L'ouverture numérique de cet objectif est égale à 1,40; sa distance frontale est suffisamment grande pour que l'instrument soit d'un usage pratique; la beauté des images qu'il fournit est absolument remarquable. Cet objectif et le 1/8 apochromatique homogène de Zeiss sont les deux meilleurs instruments qui existent actuellement pour la microphotographie. A côté de cet appareil, il convient de citer le nouvel apochromatique de Zeiss de un millimètre et demi de distance focale et d'ouverture numérique 1,30 à immersion homogène; cet objectif est précieux pour les travaux d'histologie et de bactériologie.

Spencer et Smith [3] ont construit avec les verres d'Iéna des apochromatiques d'un excellent usage pour la microphotographie. L'ouverture numérique des objectifs 1/5 et 1/8 dépasse 0,96; la netteté des images ne laisse rien à désirer.

Reichert, à Vienne, a établi sous le nom d'objectifs *semi-apochromatiques* des objectifs tout semblables aux apochromatiques, à la seule différence près que la fluorite n'entre pas dans leur composition. Zeiss a considérablement amélioré le système des anciens objectifs achromatiques par l'introduction des verres nouveaux et des modifications nombreuses dans les courbures des lentilles : ces objectifs sont en réalité des semi-apochromatiques, donnant de bons résultats lorsqu'on les emploie avec l'éclairage

1. *Amer. mon. Micr. Journ.* XI (1890), p. 257. — 2. *Zeitsch. f. Wiss. Mikr.* (1889), p. 1. — 3. *Amer. mont. Micr. Journ.*, XIII (1892), p. 93.

homogène; mais ces résultats ne sont pas comparables à ceux que fournissent les apochromatiques inventés par cet illustre opticien.

Le Dr S. Czapski [1], dans son étude sur l'avenir du microscope, a fait remarquer que la formule fondamentale qui établit la puissance réelle du microscope est

$$\delta = \frac{\lambda}{\alpha}$$

dans laquelle δ représente le plus petit intervalle d'une structure régulière que l'on puisse résoudre à l'aide d'un objectif optiquement parfait, λ la longueur d'onde dans le vide de la lumière employée, et α l'ouverture du système. En général, on mesure un progrès dans le pouvoir d'un objectif de microscope par la petitesse des éléments d'une structure qui peuvent être distingués : on peut donc représenter ce pouvoir par δ qui, étant le quotient de deux grandeurs, décroît quand α augmente ou bien quand λ diminue.

Augmenter α, c'est augmenter l'ouverture de l'objectif, résultat poursuivi avec succès par les opticiens pour perfectionner le microscope.

Or, si l'on représente par n l'indice de réfraction de la substance en contact avec la frontale de l'objectif, par u l'angle que forme avec l'axe de la lentille le rayon extrême qui peut y pénétrer, on a :

$$\alpha = n \sin u .$$

Comme il est nécessaire qu'il y ait un petit intervalle entre l'objet et l'objectif, ne serait-ce que pour placer le couvre-objet, sin u ne peut guère s'élever au-dessus de 0,95; donc, pour augmenter α il faudra forcément augmenter la valeur de n indice de réfraction du médium placé devant l'objectif; c'est là ce qui a conduit au principe de l'*immersion*. Et par immersion il faut entendre que la préparation est examinée de telle sorte qu'il n'y ait entre l'objet et le liquide d'immersion aucune couche, quelque faible qu'elle soit, dont l'indice de réfraction soit inférieur à celui du liquide employé pour l'immersion [2]. On ne prête pas en général assez d'attention à cette remarque; c'est ainsi qu'il est inutile de se servir d'un objectif à immersion homogène d'ouverture numérique 1,40 pour examiner des préparations qui nagent dans la glycérine dont l'indice de réfraction est 1,33. Dans ce cas, l'ouverture utilisée de l'objectif n'est plus α, elle se réduit à $\alpha = 1{,}33$. L'indice de réfraction des couvre-objets employés pour couvrir les préparations varie de 1,52 à 1,53. Ces couvre-objets peuvent en pratique fournir de bons résultats avec des objectifs dont l'ouverture numérique ne dépasse pas 1,45.

Si l'ouverture de l'objectif dépasse ce nombre, il faut que le couvre-objet soit fait d'un verre plus réfringent. Schott et Ce ont fabriqué des couvre-objets dont l'indice de réfraction va jusqu'à 2,00; mais ces lamelles sont très

1. *Zeits. f. Wissen. Mikros. und f. Mikr. Technik*, VIII (1892), p. 145, et Van Heurck, *Le microscope*, p. 306.

2. *Zeit. f. Wissench. Mikr.*, etc., VI, 1889, p. 417, et Peragallo, *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse* 1882.

coûteuses et facilement altérables; de plus, il faut que l'objet soit monté dans un médium d'un indice au moins égal à celui de la lamelle, ce qui est possible, mais difficile à réaliser, car les substances organiques sont attaquées par ces liquides de préparation; par suite, on est toujours obligé d'employer en pratique des substances dont les indices sont compris entre 1,35 et 1,60. Il paraît donc peu probable que l'on puisse parvenir à augmenter l'ouverture numérique au delà du chiffre atteint aujourd'hui.

Il faut donc chercher à diminuer la valeur de λ qui représente la longueur d'onde de la lumière employée pour l'observation. L'intensité de l'impression que produit la lumière blanche sur l'œil normal varie d'après une loi figurée par une courbe dont le maximum de hauteur se trouve à $\lambda = 0{,}55\ \mu$. Ce sont les rayons de cette longueur d'onde qui impressionnent le plus vivement l'œil, puis viennent les rayons les plus voisins de ceux-ci. Cette impression est tellement dominante que celle provenant des autres longueurs d'onde, plus grandes et plus petites, est ou bien détruite, ou au moins rendue inactive, excepté dans les cas où leurs propriétés équivalent à celles qui forment l'image $\lambda = 0{,}55\ \mu$. En supprimant ces rayons $\lambda = 0{,}55\ \mu$, en ne faisant parvenir à l'œil que les rayons plus courts, on peut arriver à rendre actifs ces rayons courts, bien entendu dans certaines limites. Par exemple, en employant la lumière bleue on augmentera (comme l'expérience le prouve) la puissance résolvante de l'objectif. On voit alors que des stries, des détails délicats qui restaient invisibles dans la lumière blanche, sont, avec le même objectif, toutes les autres conditions égales d'ailleurs, parfaitement résolues; l'œil, en effet, est encore suffisamment sensible aux rayons ayant une longueur d'onde $\lambda = 0{,}44\ \mu$ pour obtenir sur la rétine une image très vive formée par ces rayons. Il est à remarquer qu'une réduction de 0,55 à 0,44 donne le même effet optique final que si l'on élevait l'ouverture d'un objectif de 1,40 à 1,75.

C'est là ce qui montre comment, en théorie, la photographie est un moyen d'augmenter la *puissance résolvante* d'un objectif; mais si l'on passe à la pratique, on constate qu'avec les objectifs achromatiques ordinaires il n'en est pas ainsi, parce que ces objectifs ne sont pas construits pour donner des images tout aussi bonnes avec les rayons de faible longueur qu'avec la lumière blanche que l'on emploie d'habitude. On constate que l'image optique active est mauvaise; elle n'est *pas assez* corrigée pour l'aberration sphérique et *trop* corrigée pour l'aberration chromatique. Les images qui correspondent aux diverses longueurs actives du spectre ne coïncident pas, contrairement à ce qui a lieu dans les objectifs *apochromatiques*. Dans ces objectifs, les images données par les diverses longueurs d'onde du spectre, jusqu'au violet compris, coïncident en pratique d'une manière complète en lieu et en grandeur.

Même avec ces objectifs on ne peut espérer le maximum de pouvoir résolvant que par l'emploi des radiations de faible longueur d'onde, *toutes les autres radiations étant éliminées*, car lorsque les rayons de grande longueur contribuent à la formation du négatif photographique tous les effets observés dans l'emploi de la lumière blanche peuvent se produire; les rayons les plus longs prédominent et masquent l'image plus faible donnée par les rayons plus courts.

La photographie par l'objectif peut présenter cependant des avantages sur

la vision directe dans deux cas principaux : 1° quand l'objectif est corrigé de telle sorte que l'image formée par les rayons de faible longueur d'onde coïncident avec celle formée par les rayons qui agissent le plus sur l'œil. Cette correction, qui se faisait pour $\lambda = 0{,}44$ ou $\lambda = 0{,}5$, peut s'obtenir pour des rayons plus courts. On pourra trouver et déterminer par la photographie elle-même l'indice de réfraction de verres qu'il faudra employer pour l'objectif à utiliser avec les rayons qui n'ont plus une action marquée sur la rétine.

Une des difficultés qu'il faudra surmonter en pratique provient de ce que les milieux interposés entre la source lumineuse et la plaque photographique (milieux qui constituent l'objectif) absorbent considérablement les radiations, telles que $\lambda = 0{,}3$. M. Czapski conclut que les rayons lumineux d'une longueur $\lambda = 0{,}35\mu$ constituent la dernière limite de diminution de λ, pratiquement réalisable. L'emploi d'une telle lumière comparée à la lumière du jour présentera les mêmes avantages que si l'on augmentait l'ouverture des objectifs de 1,40 à 2,20.

1238. Condensateurs. — La maison Zeiss a établi dans ces derniers temps un condensateur d'ouverture numérique 1,60. Cet appareil est spécialement destiné au nouvel objectif apochromatique O. N. 1,60 : c'est le condensateur qui possède l'ouverture numérique la plus forte qui existe actuellement. Mais cette ouverture énorme n'est utilisable que dans quelques cas particuliers ; le plus souvent on se servira, soit du condensateur achromatique de Zeiss (**879**), soit du nouveau *condensateur apochromatique* de Powel et Lealand.

Ce condensateur, très difficile à construire et fort coûteux, est, d'après le Dr H. Van Heurck[1], l'appareil le plus parfait qui existe actuellement. La partie optique, qui possède une ouverture numérique de 1,40, est formée de quatre lentilles superposées, et l'ensemble est apochromatisé ; la partie mécanique permet tous les systèmes d'éclairage : elle est formée d'un tube entrant inférieurement dans le substage et portant supérieurement la partie optique. Dans ce tube glisse un autre tube portant un anneau à mouvement excentrique ; mais comme ce deuxième tube peut monter et descendre à volonté, on n'a pas besoin pour changer les diaphragmes de déranger la position du condensateur, et ce mouvement du tube intérieur permet de porter le diaphragme à une distance notable des lentilles ; on réalise ainsi le mouvement des diaphragmes à tubes sans condensateurs, ce qui permet de modifier l'éclairage de bien des manières.

1239. Sources d'éclairage. — Les diverses sources d'éclairage que l'on utilise le plus souvent sont : la lumière solaire, l'éclairage électrique, l'éclairage oxhydrique, l'éclairage au pétrole, et enfin la lumière des nuages blancs.

Baker[2] a construit un petit héliostat à deux miroirs, très pratique pour les travaux de microphotographie ; les deux miroirs peuvent être ajustés très facilement.

L'éclairage par arc voltaïque nécessite un appareil extrêmement bien

1. *Le Microscope*, 1891, p. 83. — 2. *Journ. of the R. Micr. Soc.*, 1892, p. 424.

réglé si l'on veut une source lumineuse stable, ce qui est indispensable pour la microphotographie.

L'éclairage par incandescence est, au contraire, fort avantageux. On peut utiliser le photophore Trouvé, de façon que la source lumineuse arrive directement au condensateur sans passer par le miroir; il n'y a pas perte de lumière par réflexion.

La lumière oxhydrique, produite par un jet d'oxygène et d'hydrogène rendant incandescent un cylindre de chaux ou mieux une pastille de zircone, est très employée en Angleterre. Il est important, si l'on use de ces appareils, que la pression des gaz soit bien régulière, sans quoi on s'expose à de nombreux tâtonnements.

L'éclair magnésique peut être employé avec succès. Le Dr Neuhauss[1] a fait remarquer qu'il était utile d'employer dans ce cas des plaques orthochromatiques et d'interposer un liquide coloré sur le trajet des rayons lumineux. Le mélange suivant donne de bons résultats : A) 138 grammes de chlorate de potasse, 96 grammes de magnésium; B) 1,108 grammes de chlorate de potasse, 724 grammes d'acétate de cuivre; C) 131 grammes de chlorate de potasse, 342 grammes de magnésium; on mélange 6 parties de A, 1 partie de B et 4 parties de C. On peut aussi employer le mélange suivant : on commence par mélanger 7 grammes de chlorate de potasse desséché et 7 grammes de tartrate de baryte desséché, on ajoute 3 grammes de magnésium en poudre et 0gr5 de chlorure de sodium.

1240. Lumière monochromatique. — M. Nelson[2] se sert de la lumière monochromatique obtenue à l'aide d'un large prisme. La source d'éclairage qu'il utilise est une lampe à pétrole. Il place une fente entre cet écran et le prisme, puis un objectif photographique rectilinéaire d'ouverture *f*/5,6 et de 0m15 de foyer; l'image de la fente, vue à travers le prisme, est placée au foyer principal de l'objectif : on obtient ainsi un faisceau parallèle dont on n'utilise qu'une partie, grâce à un écran portant une fente que l'on place entre le microscope et l'objectif photographique.

M. A. Clifford Mercer[3] emploie, à la suite de la cuve à liquide, un objectif à portraits d'environ 0m21 de foyer; cet objectif se place très près du condensateur[4], le microscope étant dans la position horizontale.

§ 2. — PROCÉDÉS OPÉRATOIRES.

1241. Éclairage de l'objet. — L'éclairage de l'objet est extrêmement important, et c'est de lui que dépend l'exécution d'une bonne microphotographie (**895**). On ne saurait apporter trop de soins à l'exécution de cette première partie du travail, pour laquelle l'adapteur à coulisse de Zeiss (**895**) sera fort utile. En général, l'éclairage de l'objet doit être fait dans l'image de la flamme (**895**, 5°); on obtient ainsi les meilleurs résultats dans les recherches délicates.

1. *Zeitsch. f. Wissen., Microscopie, von Behrens*, VIII, p. 181. — 2. *Journ. of the R. Micr. Soc.* London, 1891, II, p. 443. — 3. *Ibid.*, juin 1892, p. 315. — 4. *Microsc. Journ.*, 1871, p. 170.

1242. Manipulations photographiques. — L'image microscopique étant mise au point, on remplace la glace *polie* par une glace préparée; on place un carton devant le microscope, sur le trajet des rayons lumineux, pour empêcher la lumière d'arriver à la plaque sensible. Au lieu d'un carton on peut se servir d'un verre rouge rubis foncé. Le châssis étant ouvert on relève le carton et on fait poser le sujet; après une manœuvre inverse de la précédente, on ramène le châssis dans le cabinet obscur et l'on procède au développement.

Les meilleures plaques pour ce genre de travail sont les isochromatiques d'Attout-Tailfer ou les orthochromatiques de Lumière sensibles au jaune et au vert. Si l'on emploie cette dernière marque il y aura avantage à se servir de plaques $0^m,16 \times 0^m,16$, dimension qui est fournie par la maison Lumière pour les photographies de la Carte du Ciel. L'émulsion au gélatino-bromure est d'un grain très fin et l'emploi de la glace de Saint-Gobain comme support permet d'obtenir une égalité de netteté que l'on demanderait vainement au verre. M. Attout-Tailfer prépare les plaques sensibles sur glaces coupées aux dimensions usuelles.

Le développement doit faire apparaître rapidement l'image et conserver les fonds absolument opaques (pourvu que l'éclairage de l'objet soit correctement fait). Pour cette opération, le révélateur à l'hydroquinone est avantageux et la formule suivante réussit fort bien : A) eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude, 40 grammes; ferro-prussiate de potasse, 100 grammes; hydroquinone, 10 grammes. On fait tremper la glace dans cette solution, on la retire et on ajoute peu à peu au bain placé dans la cuvette 20 c. c. d'une solution contenant : eau, 1,000 c. c.; soude caustique, 200 grammes; bromure de potassium, 2 grammes. L'image se développe rapidement et sans voile. Au sortir du bain on la plonge sans la laver dans une cuvette renfermant une solution de 100 c. c. de bisulfite de soude liquide, 1 gramme d'acide tartrique et 1,000 c. c. d'eau; après une immersion de trois minutes on fixe et on achève le négatif comme à l'ordinaire.

§ 3. — APPLICATIONS DIVERSES.

1243. Photographie des bactéries. — Un moyen très simple de photographier les bactéries a été indiqué par sir H. G. Roscoe et J. Lunt[1]. Une simple lampe à pétrole à flamme double constitue la source d'éclairage. Les bactéries sont colorées par le violet de méthyle et les préparations montées au baume dissous dans le xylène. La lumière est rendue monochromatique par l'emploi d'une solution de bichromate de potasse. Les plaques employées sont sensibles au vert. Comme condensateur, on utilise celui d'Abbe, sans diaphragme. Les objectifs employés habituellement sont le 1/12 de Leitz, le A et le D de Zeiss. L'image formée par l'objectif est directement projetée sur la plaque sans qu'il soit utile de se servir d'un oculaire. Le temps de pose avec les plaques isochromatiques d'Edwards est d'environ une minute et demie quand on emploie les objectifs A et D de Zeiss.

1. *Phil. Trans.* 1892, p. 642, et *Journ. of the R. Soc. Micr.*, août 1892, p. 551.

1244. Spectroscopie. — M. Joaquin de Castellarnau [1] a obtenu des photographies du spectre solaire et des spectres d'absorption par le procédé suivant. Le microscope est muni d'un oculaire spectroscopique; le condensateur d'Abbe projette l'image solaire sur le plan de la platine du microscope; l'objectif et la lentille de champ de l'oculaire forment une seconde image dans le plan du diaphragme, et enfin la lentille de l'œil de l'oculaire projetterait cette image sur le verre dépoli; mais entre cette lentille et le verre dépoli on interpose un spectroscope à vision directe. L'oculaire employé est un oculaire à projection de Zeiss. Pour les spectres d'absorption on interpose une cellule contenant le liquide à examiner sur la platine du microscope.

1245. Analyse chimique. — M. G. Guillemin [2] a entrepris l'étude des alliages par l'attaque de leur surface au moyen d'acide azotique dilué et froid ou d'acide sulfurique au dixième agissant sous l'influence d'un faible courant électrique. L'examen microscopique de la surface ainsi dérobée montre des images variant suivant la nature de l'alliage, mais invariablement les mêmes pour un alliage déterminé : ces images fixées par la photographie permettent de classer les alliages tant au point de vue de leur nature qu'au point de vue du travail subi.

BIBLIOGRAPHIE.

Carpenter (W). *The microscope and its Revelation.*
Nicholls, Jas. *Microscopic Photography.*
Pringle (A). *Practical Photomicrography by the latest method.* New-York, 1890.
Van Heurck. *Le microscope*, 1891.

1. *Journ. of the R. Micr. Soc.*, juin 1892, p. 424.
2. *Comptes rendus*, 25 juillet 1892.

CHAPITRE II.

PHOTOGRAPHE ASTRONOMIQUE.

1246. Historique. — Il y a plus de trente ans que M. Lewis Rutherurd[1] commença à New-York ses essais de photographie astronomique; ils ont été continués jusqu'en 1877. Les négatifs obtenus et les instruments de M. Rutherfurd ont été donnés depuis à l'Observatoire du Collège de Columbia; un Catalogue des négatifs a été dressé[2], et la réduction des mesures entreprises par MM. J.-K. Reess et H. Jacoby. M. Rees, en annonçant que les travaux relatifs aux Pléiades étaient à peu près terminés, a constaté que la précision des mesures est comparable à celle des mesures héliométriques récentes. Les réductions des mesures entreprises par Rutherfurd à l'aide de la photographie n'occuperont pas moins de vingt volumes, si MM. Rees et Jacoby mettent leur projet à exécution. Le Dr Gould avait, dès 1865, commencé de déduire des négatifs de Rutherfurd les positions précises relatives des étoiles des Pléiades et de Prœsepe. Pendant son séjour à Cordoba, M. Gould réussit, malgré beaucoup de difficultés, à obtenir onze cents plaques. A cause de diverses circonstances, tenant surtout au peu de goût de M. Rutherfurd pour faire connaître ses travaux, ils restèrent ignorés, ainsi que le Mémoire du Dr Gould, jusqu'en 1889, époque de leur publication[3].

Le nombre total des plaques que possédait à la fin de 1890 l'Observatoire de Cambridge était de vingt-sept mille, représentant non seulement presque tout le Ciel, du pôle Nord au pôle Sud, mais encore les spectres des étoiles. Aussi M. Pickering se préoccupe de la conservation de ces précieux matériaux qu'un incendie pourrait détruire[4].

§ 1. — PHOTOGRAPHIE DES ÉTOILES.

1247. Résolution du Comité international de la Carte du Ciel. — Dans les réunions plénières des 31 mars, 1, 2 et 3 avril 1891, le Comité international permanent pour l'exécution photographique de la Carte du Ciel a adopté plusieurs résolutions importantes.

1. *The Observatory*, 1892, et *Bulletin astronomique*, 1892, p. 352. — 2. *Bulletin astronomique*, 1892, p. 38. — 3. *Ibid.*, 1892, p. 353. — 4. *Ibid.*, 1891, p. 509.

Étoile-guide. — On choisira comme étoile-guide pour chaque plaque l'étoile la plus brillante dont la distance au centre de la plaque ne dépassera pas 22′. Dans le cas où l'éclat de cette étoile sera plus faible que celui d'une étoile de la grandeur 9,0, on ajoutera comme étoile-guide supplémentaire l'étoile de grandeur 3,0 ou d'un éclat supérieur, qui sera trouvée la plus voisine du centre de la plaque. Toutefois, lorsqu'un astronome trouvera que l'étoile-guide qui lui est fournie par le Catalogue n'est pas d'un éclat suffisant, il aura la liberté de choisir lui-même une étoile plus brillante jusqu'à 40′ du centre de la plaque.

L'orientation des plaques sera faite pour l'équinoxe 1900 dans les zones de déclinaison supérieures à 65°; pour les autres, l'orientation se rapportera à l'équinoxe apparent du jour.

Les travaux décidés par le Congrès de 1887 comprenant deux séries de négatifs faits avec des poses différentes, le Comité permanent, tout en recommandant aux observateurs de pousser avec la plus grande activité possible l'exécution des négatifs de la deuxième catégorie (négatifs destinés à la construction d'un Catalogue), est d'avis qu'on devra aussi profiter du plus grand nombre possible des belles soirées pour faire des négatifs à longue pose pour la première série.

Pour les négatifs du Catalogue, il y aura deux poses sur la même plaque : l'une montrant faiblement les images des étoiles de la onzième grandeur, l'autre d'une durée deux fois plus grande, et la distance des deux images sera de 2 à 3 dixièmes de millimètre.

En ce qui concerne le mode de reproduction des étoiles de la Carte, les méthodes purement photographiques seront employées à l'exclusion de toute autre méthode exigeant l'intervention de la main humaine. L'examen des question de détail est renvoyé à la Commission chargée en 1889 de l'étude des questions relatives à la multiplication des négatifs.

Pour la Carte proprement dite du Ciel, on commencera par la série des négatifs dont les centres sont de déclinaison paire; cette série sera faite à une seule pose, c'est-à-dire présentera une image unique de chaque étoile.

Des études ultérieures montreront s'il y a lieu de recommander pour la seconde série (centre de déclinaison impaire) deux ou trois poses au lieu d'une seule, comme pour la première série.

Dans le but de permettre aux observateurs de passer d'une ma-

nière uniforme et sûre de la grandeur 9 d'Argelander à la grandeur 11 que l'on désire obtenir sur les négatifs du Catalogue, une Commission distribuera aux observatoires participants des écrans à mailles métalliques, absolument identiques pour tous les observatoires. Ces écrans, placés devant l'objectif de la lunette photographique, diminueront la grandeur d'une étoile de deux unités, et, dans la détermination de la diminution de grandeur, les commissaires adopteront le coefficient 2,512 pour le rapport entre les éclats de deux grandeurs consécutives.

Chaque observatoire fera de temps en temps des négatifs types de certaines régions déterminées du Ciel choisies par la Commission, de telle sorte que chaque astronome pourra toujours en observer une au moins à la distance zénithale convenable.

Le Comité permanent indique quarante minutes comme la durée de la pose pour les négatifs de la Carte (série des déclinaisons paires) dans les conditions atmosphériques moyennes à Paris et avec les plaques Lumière actuellement en usage à Paris.

La Commission des écrans métalliques remettra à MM. Henry un écran au moyen duquel ils détermineront le temps t exprimé en minutes, qui permet d'obtenir les onzièmes grandeurs en partant des neuvièmes grandeurs d'Argelander. Alors, pour tous les observateurs qui seront munis d'un écran identique, le rapport $\frac{40}{t}$ sera le facteur par lequel on devra multiplier le temps de pose donnant les onzièmes pour obtenir les étoiles de la plus faible grandeur de la Carte.

Les questions concernant le nombre des étoiles fondamentales de repère pour chaque négatif du Catalogue, le choix de ces étoiles et les moyens propres à en assurer des observations méridiennes sont renvoyées à une Commission spéciale avec pleins pouvoirs pour les résoudre définitivement.

Dès qu'il le jugera convenable, chaque observateur exécutera lui-même ou fera exécuter par tel observatoire ou tel bureau de mesures qu'il voudra choisir : 1° en coordonnées rectilignes les mesures des positions sur les plaques du Catalogue, chaque étoile étant rapportée au trait du réseau le plus voisin ; 2° les mesures nécessaires pour la détermination des grandeurs des étoiles.

1248. Images à longues poses; leur variabilité. — Une des difficultés que l'on rencontre dans les longues poses photographiques provient du halo ; on peut éviter cet insuccès en employant la méthode de M. Cornu.

M. Wolf (Max.) évite les halos autour des étoiles brillantes en couvrant le dos de la plaque d'un mélange d'huile de lin et de suie de pin [1].

M. le Dr Gill [2], directeur de l'Observatoire du Cap, a obtenu une photographie stellaire de $2^o \times 2^o$ et pour laquelle le temps de pose a été de trois heures douze minutes. Le négatif montre deux grandes nébuleuses, plusieurs amas de matières nébuleuses et un très grand nombre d'étoiles (30,000 à 40,000). Si une telle durée de pose avait été pratiquement possible pour la Carte du Ciel, c'est environ 300 millions d'étoiles au lieu de 20 ou 30 millions dont on aurait pu fixer l'image et la position actuelle pour les astronomes de l'avenir.

M. le Dr Max Wolf [3], directeur de l'Observatoire d'Heidelberg, a prolongé la durée de la pose pendant treize heures pour la région du Cygne, et le négatif montre une nébuleuse nouvelle. Sur un autre négatif on aperçoit le déplacement d'une petite planète découverte par la photographie; enfin, un troisième porte la trace oblique et rectiligne d'un bolide ou d'une étoile filante. Les étoiles brillantes de la région du Cygne seraient reliées entre elles et avec certaines parties de la voie lactée par des filaments nébuleux.

Le Comité international pour l'exécution de la Carte du Ciel avait proposé d'obtenir des étoiles types de onzième grandeur en réduisant à cet éclat celui d'étoiles comme de neuvième grandeur, et cette réduction devait se faire en plaçant devant l'objectif photographique un réseau métallique à mailles serrées **(1247)**. On admettait alors, au moins implicitement, que la réduction d'éclat produite par un réseau donné devait toujours être la même pour les images oculaires et pour les images photographiques. Or, les recherches de M. Pritchard [4] montrent qu'il n'en est rien et que la réduction d'éclat est beaucoup plus grande pour les images photographiques que pour les images optiques, du moins dans les réfracteurs. Cette variation que l'on observe dans les effets produits sur l'objectif photographique et sur l'objectif astronomique tient à la différence même qui existe entre les images formées au foyer de l'un et de l'autre instrument.

Pour mesurer avec rapidité et une exactitude suffisante les diamètres des disques des étoiles on opère d'une manière très simple à l'Observatoire d'Oxford : deux raies tracées sur verre se coupant sous un angle très aigu et dont l'une est graduée en millimètres permettent d'obtenir ce diamètre [5].

M. W.-L. Wilson a imaginé un nouveau photomètre photographique pour déterminer la grandeur des étoiles. Il consiste dans un appareil automatique qui peut être attaché à la lunette pour obtenir une série de poses de 100^s, 63^s, $39^s,8$... dont les logarithmes diminuent en progression arithmétique, la différence constante étant 0,2. Deux séries de poses sur une étoile et sur l'étoile type permettent de conclure par comparaison la grandeur de l'étoile [6].

M. F.-H. Bigelow a cherché à déterminer l'intensité de l'image sur la couche sensible sans employer d'étalon de lumière [7]. Leuschner a montré qu'il existe de grandes différences sur la surface de la même couche sen-

1. *Bulletin astronomique*, 1892, p. 232. — 2. *Compte rendus*, 1892, I, p. 940. — 3. *Ibid.*, 1892, I, p. 867. — 4. *Ibid.*, 1891, II, p. 1016. — 5. *Bulletin astronomique*, 1891, p. 398. — 6. *Ibid*, 1892, p. 271. — 7. *Ibid.*, 1892, p. 70.

sible, c'est-à-dire que si la plaque est partagée en carrés on n'est pas sûr que deux carrés donneront la même densité à cause des variations de sensibilité dans les différentes parties de la couche et des changements d'éclat de l'étalon lumineux. La qualité de la plaque n'est pas uniforme et la lumière n'est pas constante; c'est ce que prouve l'examen d'une série de plaques ayant servi pour l'éclipse du 22 décembre 1889 à Cayenne, et sur lesquelles des impressions types avaient été faites avec un étalon lumineux.

Entre le diamètre photographique d'une étoile et la durée d'exposition t, M. Chartier a trouvé la relation

$$D = D_0 t^{\frac{1}{4}}.$$

Cette formule ne représente pas les résultats trouvés par M. Max Wolf[1], d'après des négatifs donnés par deux objectifs de 0,16 et et 0,06 d'ouverture; ces nombres sont au contraire bien représentés par la formule

$$D = D_0 \log t + E_0.$$

1249. Grandeur des étoiles. — La seule méthode propre à obtenir les grandeurs photographiques des étoiles consiste à mesurer les diamètres des points stellaires sur les négatifs; mais ces diamètres varient avec le temps de pose, la sensibilité des plaques, le révélateur, etc. M. Duner[2] a proposé un procédé pratique, basé sur la définition suivante des grandeurs photographiques. La relation entre l'éclat de deux étoiles qui diffèrent l'une de l'autre d'une grandeur photographique est exprimée par le facteur, par lequel on doit multiplier ou diviser le temps de pose d'une plaque donnée, pour rendre égal le diamètre de l'image d'une étoile, sur le nouveau négatif, à l'image de l'autre étoile sur le négatif donné.

1250. Durée des temps de pose. — M. Pritchard[3] a fait connaître les temps de pose nécessaires pour obtenir des images susceptibles d'être mesurées et qui ne soient pas sujettes à passer inaperçues; d'après ses observations il faut :

Grandeur des étoiles.	Soirées les plus pures.	Soirées ordinaires.	Diamètre.
9	0^m20^s	0^m55^s	$= 4''$
11	3^m20	5^m12	< 4
14	45^m00	80^m00	> 4

Pour que le tirage au gélatino-bromure montre les étoiles de onzième grandeur, il faut que le négatif porte une impression bien distincte des étoiles de douzième grandeur, ce qui exige treize minutes de pose en

1. *Bulletin du Comité international permanent pour l'exécution photographique de la Carte du Ciel*, sixième fascicule. — 2. *Bulletin astronomique*, 1892, p. 363. — 3. *Ibid.*, 1891, p. 467.

moyenne. De même, pour obtenir les quatorzièmes sur papier il faudra une pose d'au moins deux heures.

L'Astronome royal, à la suite de l'étude des négatifs pris à Greenwich, a dressé le tableau suivant des temps de pose nécessaires pour obtenir les images de diamètre donnée des étoiles de diverse grandeur:

Diamètre.	9M	11M	14M
6″0	277s	29m	461m
5,0	151	16	252
4,0	72	7,6	120
3,0	28	2,9	46
2,5	15	1,6	25

Il faut que le diamètre du disque soit au moins de 2″5 pour être visible. Mais il semble qu'à priori on ne peut rien affirmer sur les temps de pose, à cause des différences qui existent entre les plaques, de l'influence considérable de l'atmosphère, etc.; c'est sans doute ce qui a engagé l'Astronome royal a proposer l'usage de photographies de la Polaire pour servir de témoins.

M. Dunér a proposé de remplacer la Polaire par un objet plus faible (DM + 88°,4) et d'employer des objectifs à long foyer pour lesquels l'agitation de l'air devient plus sensible : il ne lui paraît pas que l'on gagne beaucoup à exagérer les dimensions des lunettes photographiques[1].

M. Pritchard a insisté sur la distinction qu'il convenait d'établir entre les grandeurs photographiques définies par une règle nécessairement un peu arbitraire et les grandeurs photométriques.

Le capitaine Abney croit que toutes les plaques du commerce ont reçu une exposition préliminaire, en d'autres termes que les sels d'argent ont subi un commencement de décomposition. Or, quand on veut estimer les grandeurs d'étoiles, cette exposition préliminaire fausse entièrement le rapport des densités et des disques des images; c'est là peut-être la cause de la divergence des formules proposées pour déduire les grandeurs des diamètres des disques des images. Si l'on veut avoir beaucoup d'étoiles sur les plaques, sans s'occuper des grandeurs, une exposition préliminaire est à conseiller; mais si l'on veut mesurer les grandeurs, il faut l'éviter et employer des plaques parfaitement brillantes[2].

M. W. H.-M. Christie a étudié la relation qui existe entre le diamètre de l'image, la durée de la pose et l'éclat des objets, d'après les photographies stellaires prises à l'Observatoire de Greenwich. Ces photographies ont été faites dans les régions du ciel pour lesquelles le professeur Pritchard a préalablement déterminé avec le photomètre à prisme un certain nombre de types d'étoiles de 9M et 11M. Les observations de Greenwich, comme le montre M. Christie, conduisent à une relation linéaire entre la racine carrée du diamètre et le logarithme du temps de pose, les écarts entre l'observation et le calcul correspondant à moins du $^1/_{20}$ d'une grandeur dans l'étendue de huit grandeurs.

1. *Bulletin astronomique*, 1891, p. 523. — 2. *The Observatory*, 1891.

De plus, à égalité d'effet photographique ou des diamètres des images, la relation

$$\text{Durée de pose} \times \text{éclat de l'objet} = \text{constante},$$

est confirmée par les déterminations photographiques des étoiles de 9^{M} et 11^{M} de M. Pritchard et les évaluations d'Argelander, du moins quand les étoiles considérées appartiennent à une même plaque; car d'un jour à l'autre, l'influence de la lune et du ciel, les dépôts de rosée sur l'objectif, etc., peuvent apporter des différences notables [1].

1251. Étoiles variables. — A Cambridge, M. Pickering applique une nouvelle méthode photométrique pour vérifier la variabilité des étoiles. Un petit prisme de très petit angle est attaché à un doublet photographique de courte distance focale et monté équatorialement. Le prisme couvre une très petite fraction de l'ouverture du doublet, et il a pour but de produire une petite déviation avec aussi peu de dispersion que possible. Dirigée sur un groupe d'étoiles à comparer, la lunette donnera, outre les images A, B, C des étoiles en question, des images dues au prisme *a*, *b*, *c*, lesquelles multiplient les facilités de la comparaison. Des Cartes photographiques montrant toutes les étoiles jusqu'à la 12^{M} ayant été obtenues, il est alors possible de vérifier aussitôt la variabilité, sujet qui a acquis un grand intérêt par son rapprochement avec la classification des spectres ; en effet, les raies de l'hydrogène ont été vues brillantes dans trente étoiles variables à longue période, et cette particularité des étoiles variables fournit un moyen de les découvrir.

M. Pickering a fait connaître les résultats de l'examen des nombreux négatifs obtenus par les astronomes de Harvard College de la région du ciel où se trouve l'étoile nouvelle du Cocher (Nova Aurigæ). Dix-huit négatifs obtenus de 1885 à 1891 n'en laissent voir aucune trace : ce n'est qu'à partir du 10 décembre 1891 qu'elle apparaît sur les photographies. On peut conclure des mesures que la Nova, qui au commencement de novembre était au-dessous de la dixième grandeur, a dû atteindre la sixième grandeur vers le 1er décembre, et le maximum d'éclat ($4^{M},4$) le 20 décembre; le 20 janvier 1892, elle était descendue au-dessous de la cinquième grandeur. Depuis le 2 février, on l'étudie avec soin, à Cambridge, par l'observation directe et par la photographie, au double point de vue photométrique et spectroscopique.

M. et Mme Huggins, à Londres, en ont photographié le spectre, qui est très remarquable par le grand nombre de raies brillantes accompagnées de fortes raies d'absorption, que l'on rencontre jusque dans l'ultra-violet λ 3200. M. Vogel, à Postdam, a entrepris l'étude du spectre de cette étoile, qui lui paraît résulter de la superposition de trois spectres différents appartenant à trois corps célestes en mouvement relatif [2].

Cette même étoile fait l'objet de plusieurs observations de Huggins, Lockyer et Pickering. Ce dernier, dans ses photographies prises à Haward Collège, a confirmé la présence des raies noires d'absorption signalées par Lockyer comme situées sur les bords les plus réfrangibles des raies K, H, *h* et G. Sur une des dernières photographies obtenues, le Dr Huggins a vu

1. *Bulletin astronomique*, 1892, p. 271. — 2. *Ibid*, 1892, p. 273.

la série des raies de l'hydrogène au delà de *h* et H, série qui est caractéristique des étoiles blanches. Ces raies étaient brillantes avec des raies noires d'absorption du côté du violet. Le Dr Vogel a photographié le spectre de la nouvelle étoile avec le spectroscope à fente de Postdam, et il trouve que les raies de l'hydrogène terrestre tombent entre les raies brillantes et leurs compagnes noires dans le spectre de l'étoile, ce qui indique un mouvement d'approche de la composante à raies brillantes. Le déplacement n'est pas également partagé entre les deux composantes, mais il est plus grand du côté des raies brillantes que des raies noires [1].

1252. Étoiles doubles. — La duplicité de l'étoile β Cocher et de l'une des composantes de ζ Grande-Ourse a été révélée par les photographies de leurs spectres obtenues à l'Observatoire d'Harward College [2].

Les photographies de l'étoile quadruple ε Lyre et les mesures des disques photographiques montrent qu'à l'aide du réfracteur et de l'excellent appareil de mesure de l'observatoire Lick on pourra photographier et mesurer, d'une manière très rapide, toutes les étoiles doubles dont les composantes, assez brillantes, ont à peu près le même éclat et sont à 2″ ou 3″ l'une de l'autre. Les étoiles doubles très serrées et d'éclats très différents devront être observées directement [3].

L. P. Fargis a fait connaître, sous le nom de *photochronographe*, un instrument qui permet d'obtenir l'épreuve photographique d'un tracé de chronographe où les signaux sont remplacés par les images de l'étoile. Le P. Hagen a pensé que les négatifs fournis par l'instrument pourraient servir aussi à des mesures micrométriques d'étoiles doubles. C'est ce que confirment les essais qu'il a faits avec un négatif où figure l'étoile ζ Grande-Ourse et ses compagnons. L'épreuve obtenue le 9 mai 1891, dans l'espace de quatre minutes, montre quatre fois soixante images instantanées de Mizar et du compagnon très rapproché, avec des interruptions qui séparent les minutes. Parmi ces images, il s'en est trouvé soixante ou soixante et dix assez nettes pour se prêter à des mesures d'angles de positions et de distances. La comparaison des résultats obtenus avec ceux qui sont dus aux observations directes de Struve, Bond, etc., montrent que le photochronographe pourra être utilisé avec grand profit pour les mesures de ce genre [4].

§ 2. — PHOTOGRAPHIE DES NÉBULEUSES.

1253. Photographie des nébuleuses. — M. Archenhold [1] a utilisé pour la photographie des nébuleuses un objectif photographique ordinaire, et a obtenu l'image d'une nébuleuse à peu près inconnue, signalée par Barnard, et située dans le voisinage de ξ Persée; l'étendue de cette nébuleuse est de 3°.

L'avantage des objectifs doubles à court foyer, lorsqu'il s'agit de photo-

1. *Bulletin astronomique*, 1892, p. 354. — 2. *Ibid.*, 1891, p. 142. — 3. *Ibid.*, 1891, p. 564. — 4. *Ibid.*, 1892, p. 39.

graphier des surfaces, est de donner une intensité lumineuse considérable. En effet, dans le cas d'une étoile dont l'image se réduit à un point, l'intensité ne dépend que de l'ouverture O de l'objectif; mais dans le cas d'une surface (comète ou nébuleuse), cette intensité dépend du rapport $\frac{O}{F}$ de l'ouverture à la distance focale, et les objectifs à court foyer l'emportent alors sur les objectifs des réfracteurs où le rapport $\frac{O}{F}$ ne dépasse guère $\frac{1}{10}$. C'est ce que prouvent les chiffres suivants relatifs à quelques instruments dont M. Archenhold a pu connaître les dimensions. On a supposé l'intensité proportionnelle à O^2 pour une étoile et à $\frac{O^2}{F}$ pour une nébuleuse, en prenant pour unité celle que donnerait le réfracteur normal employé pour la Carte du Ciel.

			Intensité.		
	Ouverture.	F.	Étoile.	Nébuleuse.	Observateurs.
Réfracteur normal.....	0m340	3m430	1,00	1,0	.....
Télescope.....	0,507	2,535	2,23	4,1	Robert.
Télescope.....	0,260	2,000	0,58	1,7	Gothard.
Objectif Voigtlaender ou télescope Bache.....	0,203	1,142	0,36	3,2	Pickering.
Objectif Kranz	0,134	0,770	0,16	3,1	Wolf.
— Hermagis.....	0,055	0,195	0,02	8,1	Wolf.
— Willard.....	0,150	0,787	0,19	3,7	Barnard.
— Busch (1).....	0,157	0,710	0,21	5,0	Archenhold.
— Busch (2).....	0,079	0,197	0,05	16,4	Archenhold.

L'objectif à portraits Busch (2) avait déjà servi précedemment à photographier les nuages noctiluques sur lesquels M. O. Jesse a récemment attiré l'attention des astronomes.

En réduisant convenablement la durée d'exposition, on peut présenter l'image photographique d'une nébuleuse sous l'aspect d'une étoile de la neuvième ou dixième grandeur qui pourra se pointer aisément. M. Holden pense qu'une série de négatifs pris pendant le courant d'une même année, toujours avec la même durée d'exposition, fournirait un moyen de déterminer la parallaxe des nébuleuses [2].

M. Barnard [3] a obtenu des photographies de la Voie lactée à l'aide d'un objectif ordinaire à portraits, monté équatorialement. Le même auteur a fait observer que l'on peut obtenir des photographies d'étoile avec une lunette ordinaire. L'essentiel est de chercher le foyer des rayons chimiques; on y parvient aisément en comparant les traînées photographiques d'une étoile sur quelques négatifs.

M. H.-C. Russel, de l'Observatoire de Sydney, a obtenu une photographie de la région de η Argus avec huit heures de pose. La comparaison de cette photographie et d'autres analogues, avec ce qu'on connaît de la région η

1. *Bulletin astronomique*, 1892, p. 276. — 2. *Société astronomique du Pacifique*, II, publication n° 10. — 3. *Bulletin astronomique*, 1892, p. 68.

d'Argus semble prouver qu'entre 1837 et 1871 une portion brillante et bien définie de la nébuleuse, près de η Argus, a disparu.

Le Dr Gill a insisté sur la prédominance des rayons chimiques dans la Voie lactée. L'influence du fond éclairé sur les estimations photométriques n'explique pas l'écart dû vraisemblablement, comme l'a indiqué le professeur Pickering, à une proportion plus forte d'étoiles assurées du type de Sirius; de sorte que suivant les idées qui ont cours sur l'âge des étoiles quelques-unes des parties de la Voie lactée seraient relativement récentes[1].

M. J. Scheiner a photographié les nébuleuses planétaires *h* 2098 et *h* 2241. Les photographies de ces nébuleuses laissent facilement reconnaître un noyau central, relativement brillant, tandis que l'observation directe ne le montre pas dans *h* 2241.

M. V.-H. Pickering a obtenu au sommet du mont Wilson, élevé de plus de 2,000 mètres, des photographies de la grande nébuleuse d'Orion. Elles montrent des filaments nébuleux, non encore remarqués entre les étoiles, ainsi qu'une grande nébuleuse spirale dont l'extrémité extérieure se trouve dans le voisinage de γ Orion. Ce résultat tiendrait à montrer que les étoiles et la nébuleuse sont liées ensemble.

1254. Nébuleuse variable. — La variabilité du noyau de la grande nébuleuse d'Andromède a été mise en évidence par M. Isaac Roberts[2]. Les photographies prises de 1885 à 1890 ont permis de constater ce fait. Les négatifs montrent un noyau stellaire (1890, nov. 1 et déc. 9), ce qui n'avait pas lieu à d'autres dates.

§ 3. — HÉLIOPHOTOGRAPHIE.

1255. Photographie des taches solaires. — M. Janssen a obtenu plusieurs grandes photographies qui permettent l'étude des mouvements et des transformations successives des noyaux.

1256. Photographie des protubérances. — Les protubérances avaient été jusqu'ici étudiées par l'observation oculaire avec leur radiation rouge due à l'hydrogène; mais M. Deslandres[3] a reconnu que les radiations H et K du calcium dans ces protubérances sont au moins aussi intenses que celles de l'hydrogène; elles sont violettes et se prêtent aisément à un relevé photographique supérieur au relevé fait jusqu'ici par l'observation oculaire. Les épreuves sont obtenues avec un spectroscope à fente étroite, ce qui permet d'avoir, outre les dimensions de la protubérance, la vitesse avec laquelle ses différents points se rapprochent ou s'éloignent de la terre.

On a fait au Collège Harvard diverses tentatives pour photographier les protubérances solaires à l'aide d'un spectroscope adapté à une lunette horizontale de 12 pouces d'ouverture, qui a un miroir mobile de 18 pouces.

1. *Bulletin astronomique*, 1892, p. 23. — 2. *Ibid.*, 1891, p. 304. — 3. *Comptes rendus*, 1892, I, p. 1045.

Bien que l'intervention du miroir, qui est déformé par la chaleur, gâte les images, on a pu constater qu'il était possible de reproduire les contours des protubérances. M. Halle a essayé divers procédés dont l'un consiste à laisser défiler la protubérance derrière la fente du spectroscope (placé dans la position radiale) pendant que la plaque sensible se meut derrière une fente près du foyer. Un autre procédé consiste à faire mouvoir les deux fentes, étroite, tandis que l'image solaire et la plaque restent immobiles. On peut remplacer la plaque par un cylindre tournant. Le procédé avait été déjà indiqué par le P. Braun [1].

M. Deslandres [2] a fait à l'aide de la photographie de nouvelles recherches sur l'atmosphère solaire. Dans ses expériences, l'image du Soleil était projetée par le sidérostat et un miroir concave argenté de 8 pouces de diamètre sur un spectroscope photographique à réseau et à lentilles de quartz. La partie du spectre particulièrement étudiée s'étend entre les longueurs d'onde λ 410 et λ 350. Plusieurs protubérances observées pendant le second semestre de 1891 ont montré la série des raies ultra-violettes de l'hydrogène, reconnues pour la première fois par M. Huggins dans les étoiles blanches. On a photographié en même temps les spectres de taches et de facules. Les raies H et K du calcium apparaissent souvent brillantes et sont particulièrement favorables pour l'étude des déplacements et des vitesses radiales.

M. Deslandres [3] a photographié, le 4 mai 1892, de λ 400 à λ 360, le spectre d'une protubérance extraordinairement intense qui offre le rayonnement le plus riche et le plus complet qui ait encore été observé dans cette région. On peut reconnaître cinq radiations nouvelles, qui suivent si régulièrement celles de l'hydrogène que l'on est conduit à les rapporter aussi à ce gaz. Les mesures exécutées à l'aide de cette photographie ont permis de vérifier pour les radiations de l'hydrogène la fonction de Balmer

$$N = A - \frac{B}{n^2}$$

dans laquelle N est le nombre de vibrations, A et B deux constantes, n un nombre entier variant de 3 à 16. La protubérance exceptionnelle photographiée par M. Deslandres offre un grand intérêt par les rapprochements qu'elle permet avec l'étoile nouvelle du Cocher **(1251)**. En effet, le spectre de cette étoile, dans la région de l'épreuve, est identique par la composition à celui de la protubérance, ce qui vient à l'appui de l'hypothèse du Dr Huggins qui attribue l'éclat passager de l'étoile à des protubérances énormes développées par l'approche de deux corps voisins. Le spectre de l'étoile est formé de raies groupées par deux, une raie brillante étant accolée à une raie noire, les deux raies brillante et noire offrant des renversements, avec un déplacement continuel des raies renversées. Or, les raies brillantes du calcium à la base de la protubérance offrent aussi un renversement. D'autre part, lorsque les protubérances, au lieu d'être au bord, se

1. *Bulletin astronomique*, 1891, p. 35. — 2. *Comptes rendus*, 1892, I, p. 276. — 3. *Ibid.*, 1892, p. 1406.

projettent sur le disque du soleil en se confondant avec les facules, les raies noires du calcium offrent toujours un renversement double bien net, semblable à celui de la nouvelle étoile. M. Deslandres a signalé le premier cette propriété des facules que M. Halle a confirmé dans des recherches parallèles.

M. G.-E. Halle[1] a photographié, le 25 mai 1892, le spectre d'une protubérance métallique qui contient toutes les raies ultra-violettes signalées jusqu'ici, ainsi que quatre raies nouvelles. Le même astronome obtient journellement des photographies de la chromosphère qui montrent sur tout le pourtour solaire les formes exactes des protubérances, tandis que d'autres obtenues avec un nouvel appareil spécial montrent les facules même au centre du disque.

La méthode qu'emploie M. Halle[2] dans son spectrohéliographe est fondée sur ce fait observé par lui en avril 1891, que les raies H et K du calcium sont plus brillantes que les raies de l'hydrogène dans chaque protubérance solaire. Les fonds sombres sur lesquels se projettent ces deux raies brillantes lui ont permis, en mai 1892, de photographier les formes des protubérances dans ces raies avec une simple fente élargie. Mais on ne peut photographier ainsi toute la chromosphère; il faut recourir à l'emploi du spectrohéliographe dont les parties essentielles sont deux fentes mobiles, dont l'une est dans le plan focal du collimateur d'un grand spectroscope à réseau, et dans le plan focal pour la raie K de l'équatorial auquel le spectrohéliographe est attaché; l'autre fente est un peu en avant du plan focal pour la raie K de la lunette appartenant à ce spectroscope. La plaque sensible est en dehors de la seconde de ces deux fentes, dans le plan focal pour la raie K. Pour faire une photographie de la chromosphère, on tourne le réseau jusqu'à ce que la raie K dans le quatrième spectre passe à travers la fente et tombe sur la couche sensible. Les fentes sont mues par un appareil hydraulique, de telle façon que la raie K reste toujours exactement au milieu de la deuxième fente. La lumière directe du disque solaire est exclue par un diaphragme (concentrique avec l'axe du collimateur) qui couvre le disque jusqu'à la base de la chromosphère. L'image solaire est maintenue dans la même position par le mouvement d'horlogerie de l'équatorial, pendant que les fentes se meuvent à travers le disque.

Pour photographier les facules, les taches et même les protubérances (quand celles-ci ont un assez grand éclat sur le disque), il suffit de procéder comme pour la chromosphère, mais on accélère le

1. *Comptes rendus*, 1892, II, 735. — 2. *Ibid.*, 1892, I, p. 60.

mouvement des fentes et on ne fait pas usage du diaphragme. On peut obtenir sur la même plaque les facules, les taches, la chromosphère et les protubérances. On opère ainsi : après que la fente a passé à travers le disque en faisant une photographie de la chromosphère, on éloigne le diaphragme et on fait passer la fente à travers le disque en sens inverse et d'un mouvement plus rapide ; c'est à quoi l'on parvient sans peine à l'aide des robinets de l'appareil hydraulique.

§ 4. — SÉLÉNÉPHOTOGRAPHIE.

1257. Photographies lunaires. — On a obtenu à l'Observatoire de Lick une photographie du cratère lunaire désigné sur les cartes par le nom de Vendelinus ; le négatif a été obtenu dans la nuit du 31 août 1890. L'agrandissement présenté par M. Weineck est de vingt fois et a exigé un travail de cent vingt-deux heures. Examinée à la loupe, cette photographie montre une foule de détails nouveaux, analogues à ceux qu'offre le Cirque Petavius. On voit toute la surface mamelonnée parcourue en tous sens par des rigoles qui font penser à des rivières desséchées. MM. Faye et Daubrée sont d'avis que ce sont des coulées de laves qui se sont fendillées en se contractant par refroidissement [1].

1258. Eclipses de Lune. — M. Rayet a photographié l'éclipse totale de Lune du 15 novembre 1891. Ces photographies montrent que par une atmosphère saturée d'humidité, peu transparente pour les rayons chimiques, une portion très notable de la Lune comprise dans ce que les calculateurs considèrent comme le cône d'ombre pure peut être photographiée avec des expositions de 2 minutes environ.

M. A. Gautier a fait observer que les corps isolés semblent conserver pendant quelque temps une partie de ce pouvoir que Bunsen a appelé induction photochimique, et ce serait peut-être à un phénomène de cette espèce que la surface de la Lune devrait cette propriété qu'elle a d'agir sur la plaque photographique, surtout si celle-ci est d'une très grande sensibilité [1].

Dans une série de photographies de l'éclipse de Lune du 15 novembre 1891, nous avons constaté, avec M. Andoyer [2], que les plaques au collodiobromure d'argent rendues orthochromatiques sont plus sensibles aux radiations rouges et jaunes que les plaques au gélatino-bromure préparées dans le même but.

§ 5. — PHOTOGRAPHIE DES PLANÈTES.

1259. Planètes anciennes. — Les taches observées sur l'hémisphère nord de Jupiter ont été photographiées le 19 août 1891 à l'Observatoire Lick.

1. *Comptes rendus*, 1892. — 2. *Ibid.*, janvier 1892.

Elles sont si bien réussies que leur examen montre tout ce que MM. Denning et Stanley William avaient observé sur cette planète[1].

Les photographies de la surface de Mars, prises sur le mont Wilson par W. H. Pickering, montrent dans les taches polaires des changements caractérisés qu'on peut suivre de jour en jour.

La réduction des mesures des photographies de Jupiter, prises à l'Observatoire Lick en 1890, ont démontré un résultat important. Étant donnée la petitesse des erreurs probables, ces mesures sont comparables pour la précision avec les meilleures mesures micrométriques[2].

1260. Planètes nouvelles. — Deux négatifs photographiques obtenus par M. Max Wolf les 22 et 23 décembre 1891 ont permis de reconnaître la présence de deux planètes de douzième grandeur, dont l'une paraît nouvelle et recevra le numéro (323), tandis que l'autre est probablement Sapientia (275).

M. Charlois[3], de l'Observatoire de Nice, observatoire que l'on doit à la libéralité de M. Bischoffheim, a découvert par la photographie trois nouvelles planètes. L'instrument employé consiste en un objectif à portraits d'Hermagis de 0^m15 d'ouverture et de 0^m80 de distance focale, monté provisoirement sur l'équatorial coudé de M. Lœwy. M. Gautier en a fait la partie mécanique. Installé depuis le 12 septembre 1892, cet appareil a permis à M. Charlois d'obtenir, jusqu'aux premiers jours d'octobre, huit négatifs distincts (seize en tout en les répétant), qui représentent chacun un carré du ciel de 11° de côté environ. Une durée de pose variant, suivant les circonstances, de deux heures et demie à trois heures, a fourni toutes les étoiles visibles dans une lunette de 0^m38 d'ouverture. Plusieurs de ces négatifs contiennent de huit à neuf mille étoiles chacun. En tenant compte des empiètements d'un carré sur les carrés voisins, les huits négatifs, placés les uns à la suite des autres le long de l'écliptique, reproduisent une bande du ciel de 80° de long sur 10° de haut. Un examen attentif de ces négatifs a permis d'y relever la présence de trois planètes nouvelles contre huit anciennes.

M. Perrotin[4] pense qu'après s'être rapidement succédées, ces découvertes ne tarderont pas à diminuer, et le moment n'est peut-être pas éloigné où, avec les instruments actuels, il sera fort difficile et extrêmement rare de trouver une planète de douzième ou treizième grandeur; et ce fait se produira bien avant que le nombre des astéroïdes, maintenant connus, se trouve doublé. Pour pousser plus loin il sera nécessaire de recourir à des objectifs plus puissants que ceux dont on dispose aujourd'hui.

La photographie, dit M. Perrotin, porte en elle-même le remède à cette sorte de confusion qu'elle semble devoir jeter dans la recherche des astéroïdes. En raison, en effet, de la sûreté, de la rapidité et de l'étendue de ses investigations, de la facilité avec laquelle elle permet de retrouver une planète dont les éléments sont incertains, il ne sera plus nécessaire de calculer à l'avenir, avec la même précision que par le passé, les positions de ces astres, ni de les observer d'une façon aussi régulière. Il suffira de retoucher les éléments de temps à autre, abstraction faite des perturbations, sauf dans

1. *Bulletin astronomique*, 1892, p. 34. — 2. *Ibid.*, 1891, p. 414. — 3. *Compte rendu*, 1892 (2), p. 550. — 4. *Ibid.*, 1892 (2), p. 551.

le cas de recherches spéciales. Tout au plus pourra-t-on, pour les planètes les mieux connues et les plus brillantes, avoir égard aux termes les plus importants des inégalités séculaires et périodiques de Jupiter, en construisant une fois pour toutes des tables générales qui serviront pour tous ces petits corps. La photographie fera le reste. En résumé, le résultat le plus net de l'introduction des procédés photographiques dans cette branche de l'astronomie sera de faire connaître, avant qu'il soit longtemps, le nombre probable des petites planètes et leur mode de distribution avec la distance, questions qui, sans cela, seraient restées sans réponse pendant de longues années encore.

§ 6. — PHOTOGRAPHIE DES COMÈTES.

1261. Découverte de comètes. — M. Barnard, qui a découvert le cinquième satellite de Jupiter[1], a trouvé une comète par la photographie. Comme le fait observer le savant directeur de l'Observatoire de Paris[2], c'est la première découverte de ce genre ; l'avenir nous en réserve sans doute un grand nombre, comme pour les planètes.

Sur trois négatifs obtenus les 19 et 20 mars dernier, M. Max Wolf a constaté la présence d'une sorte de nébulosité allongée, qui s'est lentement déplacée dans l'intervalle des observations, tout en s'affaiblissant graduellement ; le 22, elle était devenue invisible ; peut-être était-ce une comète qui s'éloignait rapidement de la terre[3].

1262. Photographies de bolides. — Les objectifs doubles à court foyer ont été depuis longtemps utilisés pour la photographie des comètes (**931**). M. Max Wolf a pu, grâce à ces objectifs, obtenir de bonnes photographies de trajectoires de bolides ou d'étoiles filantes. Ces trajectoires sont rectilignes, mais avec des minima et des maxima d'intensité, qui montrent que la combustion des météores a lieu avec des intermittences très marquées. Ces intermittences avaient été signalées plus d'une fois par Heiss et par d'autres observateurs[4]. M. Wolf a aussi obtenu des négatifs de comètes très faibles, dont il sera possible de mesurer les positions avec une grande précision[5].

§ 7. — SPECTROPHOTOGRAPHIE ASTRONOMIQUE.

1263. Spectre des étoiles. — C'est à tort qu'on entend dire souvent que la supériorité de la photographie pour l'analyse spectrale tient à une sensibilité plus grande de la plaque photographique comparée à la rétine. Le succès tient simplement à l'introduction d'un élément nouveau, qui est le temps. L'œil n'est frappé que par l'intensité lumineuse, tandis que l'effet chimique est produit par la quantité de lumière, qui dépend à la fois de l'intensité et de la durée d'exposition que l'on peut prolonger à volonté ;

1. *Astronomical Journal*, n° 275 ; *Comptes rendus*, CXV, p. 543. — 2. Tisserand, *Comptes rendus*, 1892, p. 543. — 3. *Bulletin astronomique*, 1892, p. 278. — 4. *Ibid.*, 1892, p. 275. — 5. *Ibid.*, p. 314.

enfin, la plaque n'est pas troublée, comme l'est la rétine, par l'incessante mobilité, par les ondulations capricieuses des images qui ont pour cause l'agitation de l'air. Il en résulte que les mesures sont incomparablement plus faciles et plus précises sur les négatifs que par l'observation directe[1].

Le Dr H. C. Vogel[2] a employé la méthode spectroscopique pour mesurer la *vitesse radiale* des étoiles. Les expériences de 1887 montrèrent l'extrême précision et la sensibilité de la méthode photographique pour mesurer, dans les spectres stellaires, le déplacement des raies provenant du mouvement radial. Les perturbations atmosphériques affectent la méthode photographique beaucoup moins que la méthode directe; les résultats obtenus d'après deux cents négatifs montrent que l'exactitude des mesures dépasse beaucoup les espérances qu'on avait conçues d'après les premières plaques. Cette grande précision est due à la construction spéciale de l'appareil, à sa précision et aux méthodes de mesure des photographies. L'appareil doit être stable et présenter le minimum de poids; les prismes, les objectifs du collimateur et de la chambre noire doivent donner une lumière suffisante avec le maximum de dispersion; enfin, l'étoile doit pouvoir être constamment maintenue sur la fente du spectrographe. Pour un réfracteur de 12 pouces (0m30), les objectifs du collimateur et de la chambre noire doivent avoir 0m408 de longueur focale et 0m034 d'ouverture.

Le grand avantage de cette méthode de mesure vient de ce que les distorsions inévitables de la couche sensible, qui, à cause de la petitesse des quantités à mesurer, pourraient facilement avoir de l'importance, sont autant que possible éliminées, et aussi, en outre, que tout parti pris de l'observateur est évité, puisque la valeur du déplacement n'est pas obtenue directement, mais résulte du calcul.

Le Dr H. C. Vogel a insisté sur les avantages que présente le spectre du fer comme spectre de comparaison pour déterminer la vitesse radiale des étoiles au moyen des photographies spectrales[3].

Le doublement de la raie K dans quelques photographies du spectre de Wega, prises par M. A. Fowler et dont il avait déduit que Véga était une étoile double du genre de β Cocher et de ζ Grande Ourse, n'a pas été confirmée par les photographies prises par MM. Pickering, Vogel et Henry[4]; de même dans le spectre obtenu par M. Deslandres[5] la raie K est une raie simple.

M. Pickering a étudié la distribution de l'énergie dans les spectres stellaires. Il paraît difficile d'indiquer l'éclat relatif de deux étoiles de couleur différente sans tenir compte de la distribution des intensités dans les diverses régions de leurs spectres. On peut d'ailleurs simplifier le problème en comparant les spectres photographiques des étoiles au spectre solaire, si bien exploré par M. Langley à l'aide de son bolomètre. M. Pickering a donné les résultats de ces comparaisons pour une série d'étoiles[6].

M. Huggins a fait de nouvelles photographies du spectre de la nébuleuse d'Orion qui diffèrent de celles précédemment décrites en ce qu'elles contiennent en plus quatre et peut-être huit raies de l'hydrogène au delà de G et

1. *Bulletin astronomique*, 1891, p. 28. — 2. *Ibid*, 1892, p. 268. — 3. *Sitz. der K. Preuss. Akad. de Vissen. zu Berlin*, juin 1891. — 4. *Bulletin astronomique*, 1891, p. 123. — 5. *Ibid.*, p. 171. — 6. *Ibid.*, 1892, p. 81.

d'autres raies nouvelles. Il a aussi obtenu deux nouvelles photographies du spectre de Sirius qui montrent un nouveau groupe de raies dans l'ultra-violet. Il consiste en six raies qui ont été mesurées[1].

1264. Spectre du Soleil. — La connaissance de la loi suivant laquelle décroît l'intensité du spectre continu idéal de la photosphère fournirait des données très importantes sur la température du Soleil. Aussi, depuis déjà de longues années, M. Cornu a cherché à reculer la limite connue de cette portion du spectre en s'aidant de la photographie. Malheureusement, l'absorption des radiations lumineuses par l'atmosphère terrestre croît, avec la réfrangibilité des radiations, suivant une loi très rapide, de sorte qu'on doit songer immédiatement à diminuer l'épaisseur atmosphérique, c'est-à-dire à observer en des points aussi élevés que possible. Et même de ce côté on gagne fort peu; par des observations faites dans les Alpes, en 1879, M. Cornu[2] avait trouvé, en effet, qu'on ne gagne guère qu'une unité de l'échelle de longueur d'onde d'Angstrôm (un millionième de millimètre) pour une élévation de 868 mètres. Ce nombre a été confirmé par l'étude comparée des négatifs obtenus par M. Simony, à Ténériffe, et par M. Cornu[2], à Courtenay (Loiret), et on peut dire qu'en moyenne on gagne une unité de longueur d'onde pour chaque élévation de 1,000 mètres.

En 1872, au cours d'une expédition sur le mont Sherman, le professeur Young avait trouvé les larges bandes sombres H et K du spectre solaire traversées chacune par une raie brillante, quand la lunette était dirigée sur le bord du Soleil ou sur le pourtour d'une tache solaire. Cela étant, il devait être possible d'étudier les protubérances au moyen de ces raies, dues probablement au calcium comme avec la raie rouge C du spectre. L'avantage de la photographie est que les plaques sont impressionnées beaucoup plus que l'œil par les rayons du spectre de la région HK[3].

Quelques observateurs ont décrit une raie noire comme coïncidant avec la raie brillante D_3 dans le spectre solaire. En réalité, il n'y a pas de raie noire à cette place, mais une raie tellurique se trouve tout près. Des photographies de M. Higgs, prises à différentes altitudes, confirment les observations de Stonyhurst[4].

M. G. Higgs a employé des plaques sensibilisées avec des composés bisulfurés de l'alizarine bleue et de la céruline; il a pu photographier la région A du spectre solaire et obtenir des raies qui n'avaient jamais été décrites ; ces raies s'étendent jusqu'à λ 8,400 dans l'infra rouge.

§ 8. — OBSERVATIONS DIVERSES.

1265. Observation des passages. — Les essais poursuivis depuis 1886 à Harvard College ont permis, à l'aide d'une lunette de trois pouces, d'enregistrer photographiquement les passages des étoiles des trois premières grandeurs. Il faudrait une grande ouverture à l'instrument méri-

1. *Bulletin astronomique*, 1891, p. 400. — 2. *Comptes rendus*, t. LXXXIX, p. 808. — *Bulletin astronomique*, 1891, p. 89. — 3. *Ibid.*, 1892, p. 67. — 4. *Ibid.*, 1891, p. 123.

dien dans le cas des étoiles plus faibles [1]. La photographie céleste permettra sans doute, dans l'avenir, de limiter les observations méridiennes aux étoiles de huitième grandeur ou plus brillantes; mais il faudra avoir leurs coordonnées avec une grande précision et employer d'excellents instruments.

1. *Mémoires de l'Académie américaine*, t. XI, p. 228.

CHAPITRE III.

APPLICATIONS A LA GÉODÉSIE.

1266. Variations de la latitude. — M. de Rebeur Paschwitz a modifié légèrement le pendule horizontal de Zœllner : il y a ajouté un miroir et obtenu ainsi par la photographie une suite continue de courbes, tant à Postdam qu'à Wilhelmshaevn. Son appareil, tenu sous un couvercle de verre, est presque portatif et il s'en est servi plus tard dans l'île de Ténériffe [1].

1267. Lever des plans. — M. le colonel Laussédat a fait construire une chambre noire photographique permettant le lever des plans par la photographie d'après la méthode (**944**), inventée par lui en 1852. Avec les simplifications que M. Laussédat a apportées à cette méthode (**945**), les levers des plans peuvent se faire plus rapidement que par l'emploi des anciens procédés. L'appareil nouveau constitue en quelque sorte un théodolithe photographique extrêmement portatif, et dans lequel on a réuni tous les perfectionnements que comporte la construction des appareils photographiques de voyage.

Le premier théodolithe photographique a été construit par Brunner père, sur les indications de M. le colonel Laussédat. L'instrument construit sous le même nom en Autriche, d'après les données de M. Pollack [2], est identique à l'appareil primitif de M. le colonel Laussédat, à cette différence près qu'il est moins portatif. L'appareil est d'une grande précision et ses divers éléments ont été construits avec soin par la maison Lechner de Vienne.

1268. Photographie aérienne par cerf-volant. — M. Wenz [3] donne de grandes dimensions au cerf-volant qu'il utilise pour enlever la chambre noire destinée à fournir des photographies aériennes. Le cerf-volant, de 1^m75 de large sur 2^m50 de hauteur, est démontable ; on le construit de la manière suivante : deux tubes égaux en cuivre sont brasés en croix, dans chacun de ces tubes vient se loger une canne en bon bambou, munie, comme les cannes à pêche d'une garniture légèrement conique en cuivre ; ces cannes ont les dimensions suivantes : 2 mètres, 0^m50 et les deux autres 0^m85 ; l'appareil prend donc la forme d'une grande croix ; les extrémités sont réunies

1. *Bulletin astronomique*, 1892, p. 100. — 2. *Paris-Photographe*, 1891, p. 327. — 3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 409.

entre elles par une corde. Le tout forme une carcasse suffisamment solide sur laquelle on tend une toile maintenue aux extrémités des cannes par de petites poches renforcées; de petits cordonnets placés de distance en distance se nouent autour des cannes et maintiennent l'ensemble qui peut être monté rapidement.

Les chambres noires employées avec cet appareil sont construites en bois et carton et atteignent la dimension $0^m18 \times 0^m24$; les montures d'objectif sont en aluminium. Pour rendre le champ de l'objectif complètement libre et éviter le passage fréquent des cordes devant l'objectif, la chambre noire est suspendue dans la bride du cerf-volant avec deux points d'attache de chaque côté, de telle sorte que l'on puisse facilement obtenir l'inclinaison désirable.

L'obturateur est constitué par une guillotine agissant dans le voisinage du plan des diaphragmes : il peut être actionné soit au moyen d'une mèche d'amadou, soit au moyen d'une seconde corde communiquant avec la terre; dans ce dernier cas, l'exposition a lieu au moment que l'on choisit.

La corde du cerf-volant peut atteindre une longueur de 2,000 mètres. Une caisse spéciale sert de récipient pour tout le matériel; elle est utilisée comme treuil pour dérouler et enrouler la corde, et comme chambre noire pour changer et au besoin développer les plaques. La bobine, qui porte 2,000 mètres de ficelle marquée tous les 25 mètres, est munie sur l'extérieur d'un des disques d'une épaisse rondelle en caoutchouc de 0^m05 de diamètre. Lorsque la bobine est placée sur les tourillons, cette rondelle repose sur une roue en fonte, fixée intérieurement sur un des petits côtés de la caisse; cette roue est actionnée par une manivelle adaptée extérieurement, de sorte qu'en faisant tourner la manivelle d'un tour, grâce au frottement de la fente sur le caoutchouc, la bobine fait environ six tours : on arrive ainsi à faire la manœuvre très rapidement.

On détermine la hauteur à laquelle se fait l'épreuve en se servant d'un petit baromètre anéroïde à cadran sensible, enfermé dans une seconde chambre noire déclenchant en même temps. Ce moyen a été indiqué par M. Batut (**957**).

CHAPITRE IV.

CHRONOPHOTOGRAPHIE.

1269. Procédés de M. Marey. — M. Marey [1] a étudié par le chronophotographe **(961)** les mouvements du cœur. Il a obtenu, pendant une révolution cardiaque, une série d'images successives, prises à des intervalles de temps très courts, sur lesquelles on peut suivre les phases du mouvement et les changements d'aspect des différentes parties du cœur. Le même procédé lui a permis de montrer aux yeux le mécanisme de la pulsation du cœur.

M. Demény [2] a appliqué la chronophotographie à l'étude des muscles de la face : il a analysé les mouvements des lèvres chez un homme qui parle. Les épreuves obtenues sont assez nettes pour que la forme de la bouche soit parfaitement définie dans les différentes articulations des sons émis. Avec ces images analytiques, il a construit un zootrope qui lui a permis d'en faire la synthèse. Un observateur ordinaire a néanmoins de la peine à deviner les paroles prononcées au simple vu du mouvement des lèvres; mais si l'on présente ces épreuves à un sourd-muet qui, par une éducation spéciale, a appris à lire sur la bouche et s'est habitué à articuler des sons en imitant les mouvements qu'il voit exécuter par les individus normaux, le zootrope renouvelle, chez ce sourd-muet, des sensations déjà connues, et la lecture peut avoir lieu sur les photographies successives **(988)**.

En employant un éclairage suffisant, M. le Dr Marey est parvenu à photographier les globules de sang circulant dans un vaisseau capillaire. Ces résultats extrêmement remarquables ont été obtenus sur une pellicule sensible qui se déplace entre deux images successives et qui est immobilisée pendant le temps de pose.

L'analyse du vol des insectes a fait l'objet de nombreuses recherches par M. Marey. Grâce à l'emploi d'un éclairage puissant, il a obtenu les photographies des divers mouvements de l'aile de certains insectes : la durée du temps de pose est voisine de 1/40000e de seconde.

1270. Emploi de la lumière artificielle. — M. A. Londe a employé l'éclair magnésique pour obtenir des photographies médicales qu'il était impossible de produire par tout autre procédé. La durée extrêmement courte (1/50e à 1/80e de seconde) et la puissance lumineuse considérable provenant de la combustion du magnésium en présence d'un excès de matières oxydantes lui ont permis de photographier avec une très grande netteté les attitudes de malades atteints de certaines névroses.

1. *Comptes rendus*, 1892, p. 485. — 2. *Paris-Photographe*, 1891, p. 306.

CHAPITRE V.

APPLICATION A LA PHYSIQUE, A LA MÉTÉOROLOGIE ET AUX SCIENCES NATURELLES.

§ 1. — PHÉNOMÈNES PHYSIQUES.

1271. Enregistrement continu des températures élevées. — M. Robert Austen a appliqué l'enregistrement photographique au pyromètre électrique de M. Le Chatelier. Ce pyromètre est constitué par un couple thermo-électrique, platine-platine-rhodié, relié à un galvanomètre à cadre mobile, à miroir Deprez d'Arsonval. Un étalonnage préalable du couple permet de déterminer les températures à chacune des portions de la trace laissée par le rayon lumineux réfléchi par le miroir sur le papier photographique. Un seul et même appareil peut servir à plusieurs fourneaux à la fois. On dispose dans ce but un commutateur automatique qui relie successivement le galvanomètre à chacun des couples thermo-électriques installés dans les différents foyers métallurgiques. Cet enregistreur permet de surveiller le travail de fusion, cuisson, réduction, etc.; il rendra donc les plus grands services dans toutes les industries qui dépendent des températures élevées et de leurs variations [1].

1272. Détermination de la gravité. — M. A. Berget[2] a proposé une méthode graphique pour déterminer les valeurs relatives de la gravité en différents lieux. Il enregistre photographiquement les oscillations d'un pendule et a successivement employé deux dispositifs. Celui qu'il préfère enregistre l'oscillation tout entière sous forme de sinusoïde. A cet effet, le pendule porte une petite lentille qui donne sur une pellicule sensible et mobile l'image très fine d'un petit trou vivement éclairé par une lampe à pétrole. Sur les graphiques mêmes qui enregistrent les oscillations on pourrait inscrire, d'après M. Berget, les instants des passages méridiens des étoiles, et, comme on peut facilement construire des pendules qui oscillent plus de vingt-quatre heures, les déterminations seraient exemptes des irrégularités des pendules astronomiques.

1273. Polarisation de la lumière. — Dans un travail fait en collaboration avec Abel Chauvin[3], nous avons appliqué la photographie à l'enregis-

1. *La Nature*, octobre 1892. — 2. *Comptes rendus*, 1891. — 3. *Ibid.*, novembre 1891.

trement des phénomènes que l'on observe dans le polarimètre à pénombre. C'est grâce à l'emploi des plaques orthochromatiques de Lumière que nous avons pu faire cette application de la photographie.

§ 2. — PHÉNOMÈNES MÉTÉOROLOGIQUES.

1274. Mesure de la hauteur et de la vitesse des nuages. — La méthode du général Strachey[1] permet d'obtenir ce résultat. Deux chambres noires étant solidement fixées sur leurs supports avec les axes de leurs objectifs dirigés vers le zénith, on prend des photographies simultanées des deux régions du Ciel s'écartant du zénith d'environ 15°. Ces photographies sont superposées l'une sur l'autre, de sorte que les deux épreuves paraissent coïncider, et une simple mesure de la distance entre les images des deux points zénithaux, qui sont marqués par deux lignes rectangulaires sur la photographie, donne un moyen de déterminer facilement la hauteur du nuage au-dessus de la surface de la terre. Une seconde mesure faite de même, du déplacement des zéniths dans une seconde paire de photographies, après un intervalle de temps donné, permet de déterminer la composante horizontale de la vitesse du nuage en grandeur et en direction.

L'appareil que le capitaine Abney désigne sous le nom de photonéphographe permet d'atteindre le même résultat. A Kew, l'instrument consiste en deux chambres fixées à des théodolithes et reliées électriquement par un fil souterrain ; chacune d'elles porte un obturateur que l'on peut faire fonctionner au moment convenable. On opère de la manière suivante : le premier observateur dirige son appareil sur le nuage choisi ; après avoir indiqué à l'observateur de l'autre poste la direction à donner à son appareil, il fait fonctionner au même instant les deux obturateurs : les images ainsi obtenues sont exactement orientées.

1275. Photographie des éclairs. — Les photographies d'éclairs s'obtiennent assez facilement sur plaques au gélatino-bromure ; mais il n'est pas indispensable de recourir à l'emploi de ce procédé. M. Gunther[2] obtint en effet des images d'éclairs sur plaques préparées au collodion : les négatifs ont été faits en 1866 à l'Observatoire de Berlin, sous la direction du professeur Dowe.

Le Photographic-Club de Londres a rédigé des instructions ayant pour but de faire connaître les opérations à effectuer pour obtenir des photographies d'éclairs ayant une valeur scientifique. La chambre noire doit être mise au point pendant le jour sur un objet très éloigné. On fait une marque sur la base de la chambre noire, de façon à mettre au point facilement pendant la nuit, on emploie un rectilinéaire rapide à toute ouverture, on dirige l'appareil sur le point du ciel où les éclairs éclatent le plus fréquemment, la chambre noire étant solidement fixée sur son pied. Il est nécessaire d'incliner la chambre, surtout si les éclairs brillent près du zénith. On doit alors tenir compte du degré de l'inclinaison. Une portion de paysage, de maison, de tuyaux de cheminées, etc., doit, si la chose est possible, être

1. *Bulletin astronomique*, 1891, p. 397. — 2. *The. Phot. News*, 24 avril 1891.

comprise dans la plaque ; si la chose n'est pas faisable, il faudra avoir soin de bien marquer le haut de la glace avant de la retirer du châssis. Il faut également noter avec soin l'heure à laquelle s'est produit l'éclair, le nombre des secondes écoulées entre l'éclair et le bruit du tonnerre, ainsi que l'azimut dans lequel s'est produit l'éclair. Autant que possible, il faut ne photographier qu'un seul éclair sur chaque plaque. Il serait aussi utile qu'intéressant d'obtenir simultanément de diverses stations l'image du même éclair ; cela permettrait de calculer avec exactitude sa distance et ses mouvements dans l'atmosphère.

§ 3. — APPLICATIONS DIVERSES.

1276. Recherche des falsifications. — La photographie a permis de reconnaître les marques de faux poinçons appliqués sur des bijoux : il a suffi à M. Londe de faire la reproduction micrographique des empreintes que portaient les bijoux. La pièce à photographier est montée sur la platine du microscope, centrée, le plan de l'empreinte étant placé dans un plan perpendiculaire à l'axe de l'objectif. L'éclairage est obtenu à l'aide de la lumière oxhydrique concentré au moyen d'une lentille sur la partie à reproduire. On emploie un objectif très faible dont l'image, reprise par l'oculaire, est finalement grossie douze fois.

CHAPITRE VI.

PHOTOMÉTRIE.

1277. Phénomènes actino-électriques. — Minchin[1] a étudié la solution de trois problèmes qui lui paraissent pouvoir être résolus par les phénomènes actino-électriques : la construction d'un photomètre scientifique, la photographie à distance, la transformation de la chaleur rayonnée par le soleil en travail utile. Il a étudié les récepteurs à sélénium et fait de nombreuses expériences de photo-électricité. Deux électrodes métalliques, recouvertes ou non d'émulsions de divers sels dans le collodion ou la gélatine, sont plongées dans un liquide, l'une d'elles est maintenue dans l'obscurité tandis que l'autre est exposée à des rayons lumineux; un courant se produit dans le fil qui réunit les électrodes. En variant la nature des électrodes, des émulsions qui les recouvrent, du liquide dans lequel elles plongent, la couleur et l'intensité du faisceau lumineux, l'auteur a obtenu divers résultats intéressants, mais ne présentant aucun lien ; le plus important peut-être est qu'avec des électrodes d'étain préparées convenablement et plongées dans l'alcool méthylique, la force électro-motrice est proportionnelle à la racine carrée de l'intensité lumineuse.

Le même auteur a étudié les récepteurs à sélénium. Bedwel[2] croit que lorsque les électrodes sont en cuivre la sensibilité résulte de la formation d'une petite quantité de séléniure de cuivre aux surfaces de contact; il a déduit de ses expériences les dispositions qu'il convient d'adopter pour obtenir une grande sensibilité[3].

1278. Evaluation des effets des sources lumineuses. — Étant donné une source de lumière simple, l'intensité de la lumière émise est proportionnelle à la force vive totale. M. Violle[4] appelle *quantité de lumière* émise l'énergie produite par la source. S étant la surface de la source, S′ une surface située vis-à-vis, à une distance d très grande par

1. *Phil. Magazine*, 5e série, t. XXXI, pp. 207, 208, et *Journal de physique*, février 1892, p. 90. — 2. *Ibid.*, pp. 250-256, et *ibid.*, p. 91. — 3. *Proc. of The R. Soc.*, t. XLIX, p. 345. 4. *Congrès de photographie*, Bruxelles, 1891, p. 119.

rapport aux dimensions linéaires des surfaces S et S′, la quantité de lumière envoyée par S à S′ pendant l'unité de temps peut se représenter par

$$R = \frac{ESS'}{d^2}$$

E étant un coefficient caractéristique de la source considérée que l'on appelle *éclat de la source* : c'est la quantité de lumière envoyée pendant l'unité de temps par l'unité de surface de la source, sur une surface égale à l'unité située à l'unité de distance.

On nomme *intensité de la source* la quantité de lumière envoyée, pendant l'unité de temps, par la surface S sur une surface égale à l'unité située à l'unité de distance. L'intensité I est donc égale au produit de l'éclat par la surface

$$I = ES :$$

c'est l'énergie envoyée dans cette direction pendant l'unité de temps : le mot *puissance* conviendrait mieux qu'intensité.

La quantité totale de lumière envoyée par la surface S à la surface S′ pendant le temps t est

$$\frac{ES}{d^2}\, t :$$

c'est le *travail de la source* suivant la direction considérée.

La quantité de lumière reçue directement pendant l'unité de temps par l'unité de surface située à la distance d de la source est

$$e = \frac{ES}{d^2} ;$$

cette quantité mesure l'*éclairement de la surface* exposée directement à l'action de la source : c'est l'éclat de la surface considérée comme source.

La quantité totale de lumière reçue directement par l'unité de surface pendant la durée de l'exposition est

$$et = \frac{ES}{d^2}\, t :$$

c'est l'*énergie reçue* par l'unité de surface.

On peut déterminer l'éclat de l'image formée par un système optique quelconque. La quantité de lumière Q tombant sur la surface utile σ du premier plan principal d'un système optique, situé à la distance p de la source, est

$$Q = \frac{ES\sigma}{p^2} ,$$

abstraction faite des pertes par absorption, réflexion, etc. Le second plan principal reçoit sur une surface égale à σ la même quantité de lumière Q

que l'on peut regarder comme lui étant envoyée par l'image de surface S′ placée à la distance p'. Si donc E′ est l'éclat de cette image, on aura encore

$$Q = \frac{E'S'\sigma}{p'^2},$$

mais quand le système optique est placé dans l'air

$$\frac{S}{p^2} = \frac{S'}{p'^2}.$$

Donc $$E = E',$$

l'éclat de l'image est égal à l'éclat de la source. L'éclat de l'image c'est l'éclat apparent de la source; il est indépendant de la distance tant que le diamètre apparent reste sensible.

Comme l'a fait remarquer M. Cornu [1] l'unité d'*intensité* ou mieux d'*éclat* intrinsèque définie par M. Violle a l'avantage d'être relativement facile à reproduire ou à comparer à l'éclat intrinsèque moyen de certaines sources, mais c'est une unité purement pratique; elle ne peut prétendre à servir de base théorique, parce qu'elle est trop complexe dans sa nature. En effet, cette source n'étant pas monochromatique est constituée par la superposition d'une série continue de radiations ayant chacune une intensité particulière; la constitution de cette source comporte donc l'existence d'une fonction qui lie l'intensité de chaque radiation à sa longueur d'onde.

Or, comme on ne sait comparer que des radiations lumineuses de même couleur, on est dans l'impossibilité de caractériser numériquement cette fonction : cette première fonction, caractéristique de la *source unité*, est indéterminée.

Si l'on veut rattacher cette unité au système C. G. S. par l'intermédiaire de la quantité d'énergie qu'elle peut fournir dans l'unité de temps, on rencontre une nouvelle fonction aussi difficile à déterminer que la précédente; en effet, chaque radiation envoie de l'énergie, mais qu'elle est la mesure de l'énergie émise par chaque radiation? On ignore sous quelles formes et dans quelles proportions se transforme cette énergie, au contact de la matière pondérable, suivant la longueur d'onde de la radiation donnée. Quelques physiciens pensent que l'on peut mesurer, sous forme de chaleur, l'énergie totale d'une radiation quelconque en absorbant cette radiation par le noir de fumée d'une pile thermique; mais cette hypothèse, probable pour les radiations de la région calorifique du spectre, n'est nullement démontrée pour les régions lumineuse et chimique.

On serait tenté, en photographie, de prendre pour base de la mesure de l'énergie d'une radiation un des effets photographiques produits; mais là la difficulté est plus grande encore. Le principe même de ce mode de mesure est en effet contesté. D'après M. Berthelot, les réactions chimiques déterminées par la lumière sont des réactions *exothermiques*, c'est-à-dire des réactions qui, loin d'absorber de l'énergie, en cèdent sous forme de chaleur. Ce

1. *Rapport général de la Commission permanente*, Bruxelles, 1891, p. 121.

n'est donc pas l'énergie de la source qui produit la réaction; elle n'est ici que la cause indirecte.

1279. Unité de sensibilité. — La Commission permanente chargée d'organiser le Congrès international de photographie de 1891 était d'avis, en principe, en ce qui concerne les grandeurs photographiques, de laisser aux physiciens le soin de choisir des unités, mais en faisant exception pour l'énergie lumineuse reçue par les surfaces sensibles, dont les photographes ont intérêt, au premier chef, d'obtenir une évaluation en mesures uniformes et dont la définition lui paraissait, par suite, justifier l'intervention du Congrès.

Elle proposait, en conséquence, de désigner par le mot *illumination* l'énergie lumineuse reçue par l'unité de surface d'une préparation sensible et de désigner par le mot *phot* l'unité pratique choisie pour la mesure de cette énergie, en définissant cette unité : la quantité de lumière reçue d'une bougie décimale placée à un mètre pendant une seconde et par centimètre carré. Le Congrès a adopté ces propositions. La Commission permanente avait également été d'avis qu'il y avait intérêt à adopter une unité pratique de sensibilité pour les préparations photographiques, unité qu'elle définissait ainsi :

L'unité pratique de sensibilité des préparations photographiques est la sensibilité de la couche qui, pour une illumination d'un *phot*, prend, après développement convenable, une teinte grise égale au ton normal.

Sur ce point l'accord n'a pas pu s'établir au Congrès. Il existe, en effet, de grandes divergences de vues au sujet de la façon d'apprécier la sensibilité des préparations photographiques. Les uns voudraient la déterminer par la première apparition d'une teinte appréciable, les autres par la production d'une teinte d'intensité déterminée, ce qui est la méthode admise (**1031**) par le Congrès de 1889. Le Congrès de 1891 a été d'avis qu'avant d'adopter une unité de mesure il convenait, comme l'a proposé M. Janssen, d'approfondir par de nouvelles expériences la façon dont interviennent les couches successives des préparations sensibles dans la production des teintes obtenues, et il a chargé une Commission spéciale de faire à ce sujet des recherches qui pourront conduire sans doute, plus tard, à une solution satisfaisante[1].

1280. Unité de lumière. — Les mesures effectuées avec la lampe à l'acétate d'amyle adoptée par le Congrès de 1889 ont donné la valeur 0,12 pour son intensité rapportée à l'unité Carcel. Par suite, cette même lampe rapportée à l'unité Violle aurait pour intensité 0,0576, si l'on adopte le rapport $\frac{1}{2,08}$ trouvé par M. Violle entre la lampe Carcel et son étalon lumineux.

Ces comparaisons ont été exécutées par les soins de M. le général Sébert, avec le concours du laboratoire central de la Marine. Le tableau joint au travail de M. le général Sébert donne les résultats suivants, rapportés à

1. Cette Commission est composée de MM. Janssen, Abney, C. Fabre, de La Baume-Pluvinel, A. Buguet, Pricam et Puttemans.

l'unité pratique d'intensité lumineuse, c'est-à-dire la *bougie décimale*, qui, postérieurement au Congrès de photographie de 1889, a été définie : la vingtième partie de l'étalon Violle :

Lampe à l'acétate d'amyle adoptée par le Congrès	sans écran	0,24
	avec écran	0,11
Lampe Heffner et Alteneck à l'acétate d'amyle	sans écran	1,10
	avec écran	0,52
Bougies sans écran	Étoile, six au paquet	1,27
	Étoile, cinq au paquet	1,32
	Bavaroise, stéarine	1,48
	Allemande, paraffine	1,28
Bougies avec écran	Étoile, cinq au paquet	0,54
	Bavaroise, stéarine	0,68
	Allemande, paraffine	0,52

On peut donc, en se servant de ce tableau, employer les bougies et autres étalons lumineux usuels à la détermination de la sensibilité des plaques photographiques, concurremment avec la lampe étalon à l'acétate d'amyle adoptée par le Congrès.

Pour l'application de la méthode de mesure de sensibilité des plaques **(1031)**, on admet que les effets photographiques s'atténuent avec les distances suivant la même loi que les effets lumineux. Le tableau suivant[1] indique, en regard des diverses sources lumineuses : 1° l'*intensité* en bougies décimales; 2° le *rapport* des intensités; 3° la *distance* à adopter pour les essais de sensibilité des plaques.

Sources lumineuses.		Intensité.	Rapports.	Distance.
Lampe étalon à l'acétate d'amyle	avec écran	0,11	1,00	1,00
	sans écran	0,24	1,44	2,08
Lampe Heffner et Alteneck à l'acétate d'amyle	avec écran	0,52	2,12	4,50
	sans écran	1,10	3,16	10,00
Bougies avec écran	Étoile, cinq au paquet	0,54	2,16	4,66
	Bavaroise, stéarine	0,68	2,50	6,26
	Allemande, paraffine	0,52	2,13	4,54
Bougies sans écran	Étoile, six au paquet	1,27	3,32	11,00
	Étoile, cinq au paquet	1,30	3,35	11,20
	Bavaroise, stéarine	1,58	3,58	12,80
	Allemande, paraffine	1,28	3,33	11,10

1281. Action chimique de la lumière sur le chlorure d'argent. — M. Guntz[2] a montré que par l'action de la lumière sur le chlorure d'argent il se produit tout d'abord du sous-chlorure d'argent. Cette formation de sous-chlorure se fait par une absorption de 28 Cal. 7. Ce résultat extrême-

1. *Rapport général de la Commission permanente*, 1891, p. 17. — 2. *Comptes rendus*, 1891.

ment important montre que la lumière exécute un travail considérable en effectuant la décomposition du chlorure d'argent. Les déterminations calorimétriques de M. Guntz expliquent pourquoi l'action de la lumière est facilitée par l'addition de substances capables d'absorber le chlore avec dégagement de chaleur : on introduit ainsi une énergie étrangère qui facilite la décomposition du composé. Le sous-chlorure d'argent est lui-même détruit par la lumière avec mise en liberté d'argent et de chlore.

CHAPITRE VII.

CHROMOPHOTOGRAPHIE.

§ 1. — MÉTHODE DE M. LIPPMANN.

1282. Principe de la méthode. — La méthode de chromophotographie indiquée par M. Lippmann[1] est basée sur le principe des interférences (**21**, **1036**). Elle nécessite l'emploi d'une surface réfléchissante recouverte d'une couche sensible à la lumière, mais transparente, continue et dépourvue de grain, de manière à ce que l'on puisse faire interférer l'onde directe et l'onde réfléchie. Il est à remarquer que les couches photographiques dépourvues de grain ou présentant un grain de dimensions négligeables vis-à-vis de la demi-longueur d'onde sont peu sensibles, et jusqu'à présent il est à peu près impossible d'appliquer ce procédé à la reproduction des objets animés.

1283. Procédé opératoire. — On utilisera les procédés sur albumine au bain d'argent (**258**) ou ceux donnant une couche à grain très fin (**253** à **257**). Si l'on veut employer les procédés du collodion humide appliqué sur couche argentée, il faudra que (**883**) le bain d'argent soit acidifié par un acide faible, tel que l'acide borique, et que le collodion ne renferme pas d'iode libre, condition assez difficile à réaliser en pratique; il arrive donc le plus souvent que la couche d'argent faisant office de miroir est attaquée.

M. Lippmann utilise les procédés de collodion sec et emploie le dispositif suivant : la plaque sensibilisée G (*fig. 175*) forme la paroi antérieure d'une petite auge rectangulaire dont les parois latérales sont constituées par un cadre d'ébonite E et dont le fond est une

1. Voyez *Traité encyclopédique de photographie*, t. IV, p. 378-I.

plaque de verre V; les deux plaques G et V sont serrées contre le cadre par des pinces en laiton P. A l'aide d'un entonnoir terminé par un long tube de verre effilé, on verse du mercure dans l'auge, de manière à remplir celle-ci sans laisser de bulles d'air. Comme la couche sensibilisée de la glace est tournée vers l'intérieur, elle est directement en contact avec le mercure qui forme derrière la couche imperméable un miroir parfait. Ce petit appareil, qui réalise pratiquement toute les conditions imposées par la théorie, peut être

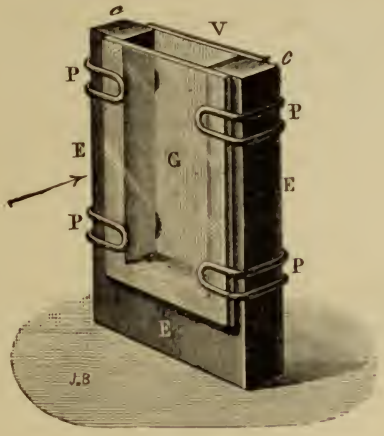


Fig. 175.

modifié de bien des manières; l'important est d'obtenir un contact optique entre la couche sensible et le mercure.

On peut donner à l'appareil une épaisseur assez faible pour que le tout puisse tenir dans un châssis à collodion humide. La couche sensible n'étant pas au contact de la feuillure du châssis, il faudra dans la mise au point tenir compte de cette différence, et après avoir mis au point sur la glace dépolie, on rapprochera de l'objectif le cadre portant le châssis négatif; on l'avancera vers l'objectif d'une quantité égale à l'épaisseur de la glace portant la couche sensible.

Dans certains cas, si l'on désire obtenir une grande précision, on opère exactement comme en microphotographie et l'on fait la mise au point sur la surface de la glace placée dans le chassis négatif; à l'aide d'une loupe réglée sur la surface de la glace, on examine l'image de manière à donner au châssis la position correspondant au maximum de netteté; on prépare ensuite la plaque sensible, on installe la cou-

che en la tournant vers l'intérieur de la cuve, on fait le remplissage, et l'on peut commencer la pose.

S'il s'agit de reproduire les couleurs du spectre, on utilise comme source de lumière soit un héliostat, soit une lampe électrique L (*fig. 176*). A l'aide d'une lentille, la lumière est concentrée sur une fente F. A la suite de cette fente se trouve une seconde lentille A, qui reprend les rayons et en forme un faisceau parallèle; P est le prisme à vision directe qui décompose la lumière blanche et produit le spectre; O est l'objectif de la chambre photographique C; et enfin E représente la cuve à mercure supportant la plaque sensibilisée. Tel est le dispositif adopté par M. Lippmann[1].

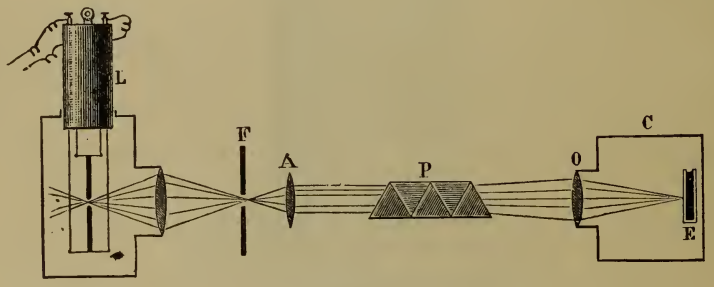


Fig. 176.

Le temps de pose est généralement fort long et dépend de la nature des couleurs à photographier. Si l'on veut obtenir l'extrémité rouge du spectre qui comprend les radiations très peu actives au point de vue chimique, il faut prolonger la durée de l'exposition de la plaque et empêcher le bleu et le violet, radiations actives, de solariser la couche. Ainsi donc, il faut laisser poser le rouge pendant longtemps, ne permettre au vert qu'une durée d'impression un peu moindre, et, enfin, diminuer considérablement la durée de la pose pour les radiations bleues ou violettes.

M. Lippmann atteint ce résultat en faisant d'abord absorber les radiations vertes, bleues et violettes, et ne laissant passer que les rouges et les jaunes. Il obtient ce résultat en interposant sur le trajet des rayons lumineux une petite cuve de glace pleine d'une dissolution d'hélianthine rouge; puis, quand le rouge et le jaune ont posé un temps à peu près suffisant, on remplace la cuve à hélianthine par une

1. A. Berget, *Photographie des couleurs*, 1891, p. 43.

cuve contenant une dissolution de bichromate de potasse : les rayons bleus sont arrêtés; on impressionne la partie correspondant du vert au rouge du spectre.

Enfin, le bleu et le violet s'impriment sans l'interposition d'aucune cuve. Le temps de pose peut être limité à quelques secondes pour cette partie du spectre.

Le développement peut se faire par tous les procédés utilisés avec les plaques au collodion sec; mais on ne doit pas oublier qu'un développement fortement alcalin attaque la couche d'albumine. Si la plaque est préparée avec cette substance, il vaut mieux employer le développateur acide. On conduira l'opération avec une extrême lenteur, en ne se servant que d'une faible quantité d'argent au début de l'opération. La glace est d'abord baignée avec la solution d'acide pyrogallique ou d'acide gallique, puis l'on ajoute la dissolution de nitrate d'argent acidifiée (**252**). Il est bon d'immerger la couche sensible *en dessous*, en la maintenant à une certaine distance du fond de la cuvette à l'aide de petites cales en verre. On ajoute peu à peu la solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que l'image ait l'intensité d'un négatif un peu faible.

Il vaut mieux obtenir cette intensité par un développement lent que par un renforçage rapidement conduit qui produirait des empâtements. En un mot, on doit conduire l'opération comme s'il s'agissait d'obtenir un négatif d'une fine gravure. Après le développement, on lave et on fixe dans un bain contenant 150 grammes d'hyposulfite de soude pour un litre d'eau ; la couche étant très mince, le fixage se fait très rapidement. On lave la plaque qui, à la suite de ces opérations, présente l'aspect d'un négatif ordinaire.

Les couleurs commencent à apparaître dès que la plaque commence à se sécher, car les couches d'argent se placent alors à la distance qu'elles avaient lorsqu'elles ont été produites par l'action des interférences de la lumière sur la plaque sensible qui était sèche lors de l'exposition. Pour voir les couleurs, il faut examiner par réflexions la glace éclairée par de la lumière diffuse ; on ne doit pas regarder la plaque éclairée directement par une source lumineuse.

Les couleurs complexes se reproduisent exactement comme celles du spectre solaire.

L'image obtenue sur verre peut être détachée de son support et transportée sur une feuille de papier glacé, d'après les procédés usuels.

Les plaques orthochromatiques étant sensibles à l'action de certaines couleurs sont d'un excellent emploi pour la chromophotographie. On se servira de plaques préparées d'après les anciens procédés, car les glaces au gélatino-bromure que l'on trouve dans le commerce ne permettent pas de reproduire les couleurs.

M. Lippmann a obtenu des photographies du spectre solaire et de divers objets colorés : un vitrail à quatre couleurs, un groupe de drapeaux, un perroquet, des fleurs, etc. La durée de la pose a été de plusieurs minutes. On pouvait prévoir par la théorie la possibilité de la fixation des couleurs composées : c'est la complexité de la question qui avait pu seule donner lieu à une opinion contraire.

M. Lippmann[1] a obtenu les photographies du spectre sur albumine bichromatée. Une couche de cette substance est coulée et séchée sur une glace fixée à la petite cuve à mercure ; après exposition à la chambre noire, il suffit d'un simple lavage à l'eau pure pour développer et fixer les couleurs qui sont extrêmement brillantes et visibles sous toutes les incidences : l'explication du phénomène est basée sur la théorie des interférences, exactement comme si l'on se servait des sels d'argent.

§ 2. — ANCIENS PROCÉDÉS.

1284. Emploi du sous-chlorure d'argent. — M. de Saint-Florent[2] se sert de papier à la celloïdine qu'il expose à la lumière diffuse jusqu'au moment où il commence à montrer des traces de métallisation ; il expose ce papier au soleil pendant plusieurs heures derrière une image coloriée et obtient une image positive qui présente à peu près sur un fond sombre toutes les couleurs du modèle.

Au lieu de papier à la celloïdine on peut employer le papier préparé au gélatino-chlorure. En exposant ce papier derrière un positif, on obtient un négatif présentant quelques traces de couleurs. L'image se renverse, c'est-à-dire devient positive, si au sortir du châssis on l'expose à la lumière solaire.

M. de Saint-Florent avait entrepris des expériences en employant des couches *très minces* de gélatine bichromatée, appliquées sur des plaques *métalliques bien polies*.

1. *Comptes rendus*, 24 octobre 1892. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, pp. 319-320.

TABLE MÉTHODIQUE DES MATIÈRES

DU SUPPLÉMENT A

INTRODUCTION.

1035. Historique de la photographie : reproduction des couleurs, p. 7.

LIVRE PREMIER.

PRODUCTION DE L'IMAGE.

CHAPITRE PREMIER.

LA LUMIÈRE.

1036. La lumière; définitions, p. 8.

CHAPITRE II.

LES LENTILLES.

§ 1. — *Propriétés des lentilles.*

1037. — Définitions, p. 10. — **1038**. Détermination des distances focales principales, p. 12. — **1039**. Méthodes de mesure, p. 14. — **1040**. Méthode de MM. Davanne et Martin, p. 18.

§ 2. — *Des aberrations.*

1041. Aberration sphérique, p. 20. — **1042**. Aberration de réfrangibilité, p. 21.

§ 3. — *Corrections des aberrations.*

1043. Correction de l'aberration sphérique, p. 22. — **1044**. Calcul des objectifs, p. 24. — **1045**. Méthode indirecte, p. 26. — **1046**. Du diaphragme, p. 27. — **1047**. Calcul des objectifs photographiques, p. 29.

CHAPITRE III.

DESCRIPTION DES OBJECTIFS PHOTOGRAPHIQUES.

§ 1. — *Objectifs simples et objectifs grands angulaires.*

1048. Qualités des objectifs simples, p. 32. — **1049**. Objectifs simples à deux lentilles, p. 33. — **1050**. Objectif simple rapide de Dallmeyer, p. 37. — **1051**. Objectifs simples de divers constructeurs, p. 37. — **1052**. Objectif simple

rectilinéaire de Dallmeyer, p. 38. — **1053.** Objectifs à grand angle, p. 38. — **1054.** Objectif périgraphe extra-rapide, p. 39. — **1055.** Pantoscopes, p. 39. **1056.** Grand angulaire apochromatique, p. 41. — **1057.** Lynkéioscope grand angulaire, p. 42. — **1058.** Objectifs symétriques à grand angle, p. 43. — **1059.** Objectifs de M. Martin, p. 46. — **1058.** Euryscopes grand angle, p. 50.

§ 2. — *Objectifs à grande ouverture.*

1059. Modifications de l'objectif double de Petzval, p. 51. — **1060.** Euryscopes rapides, p. 54. — **1061.** Les antiplanats, p. 57. — **1062.** Les aplanats, p. 57. — **1063.** Les rectilinéaires rapides, p. 61. — **1064.** L'orthoscopique, p. 63.

§ 3. — *Les anastigmats.*

1065. Les anastigmats de Zeiss, p. 64. — **1066.** Anastigmat extra-rapide, p. 69. — **1067.** Anastigmat grand angulaire 1 : 12,5, p. 74. — **1068.** Anastigmat grand angulaire pour vues et monuments, p. 76. — **1069.** Triplets, p. 79. — **1070.** Solidité des objectifs construits avec les verres d'Iéna, p. 82. — **1071.** Comparaison des anastigmats et des objectifs ordinaires, p. 83.

§ 4. — *Téléobjectifs.*

1072. La photographie à grande distance, p. 86. — **1073.** Emploi des objectifs à long foyer, p. 86. — **1074.** Grossissement des objectifs à long foyer, p. 88. — **1075.** Téléobjectifs ou longues-vues photographiques, p. 89. — **1076.** Objectif et oculaire composés de lentilles convergentes, p. 90. — **1077.** Longueur des appareils, p. 91. — **1078.** Pouvoir optique, clarté, étendue du champ, p. 93. — **1079.** Appareils à lentilles convergentes, p. 95. — **1080.** Objectif de M. Dallmeyer, p. 95. — **1081.** Emploi des miroirs pour former l'image, p. 100.

§ 5. — *Accessoires des objectifs.*

1082. Miroirs et prismes redresseurs, p. 101. — **1083.** Compensateur, p. 102. **1084.** Montures, diaphragme-iris, p. 102. — **1085.** Graduation des diaphragmes, p. 103. — **1086.** Rondelles pour visser les objectifs; adapteurs, p. 106. — **1087.** Écrans colorés pour plaques orthochromatiques; objectifs colorés, p. 107.

§ 6. — *Détermination des constantes des objectifs.*

1088. Constantes instrumentales, p. 108. — **1089.** Mesure de la distance focale principale, p, 111. — **1090.** Position des points nodaux, p. 112. — **1091.** Mesure de l'angle de champ, p. 113. — **1092.** Coefficient d'ouverture utile, p. 115. — **1093.** Coefficient de transparence, p. 117. — **1094.** Profondeur de foyer et forme du volume focal, p. 119. — **1095.** Profondeur du champ, p. 120. — **1096.** Étude de la surface focale principale, p. 120.

§ 7. — *Essai d'un objectif.*

1097. Appareils pour essayer les objectifs, p. 122. — **1098.** Centrage de l'objectif, p. 122. — **1099.** Travail des surfaces, p. 129. — **1100.** Position des diaphragmes, p. 122. — **1101.** Achromatisme, champ achromatique, p. 123.

— **1102**. Aplanétisme, p. 124. — **1103**. Astigmatisme, p. 124. — **1104**. Distorsion, p. 124. — **1105**. Tache centrale, p. 125. — **1106**. Essai sommaire d'un objectif, p. 125. — **1107**. Choix des objectifs, p. 128.

CHAPITRE IV.

OBTURATEURS, CHAMBRES NOIRES.

§ 1. — *Obturateurs.*

1108. Rendement des obturateurs, p. 133. — **1109**. Obturateur central droit, p. 134. — **1110**. — Guillotine droite, p. 135. — **1111**. Obturateur central circulaire, p. 136. — **1112**. Guillotines circulaires, p. 136. — **1113**. Calcul dans le cas du mouvement accéléré, p. 136. — **1114**. Guillotines excentriques, p. 139. — **1115**. Obturateurs centraux à deux pivots, p. 140. — **1116**. Obturateur iris, p. 141. — **1117**. Étude pratique des obturateurs, p. 142. — **1118**. Châssis obturateur, p. 144. — **1119**. Diverses formes d'obturateurs centraux, p. 146. — **1120**. Obturateur à une lamelle, p. 148.

§ 2. — *Chambres noires.*

1121. Chambres d'atelier, p. 151. — **1122**. Chambres de voyage, p. 153. — **1123**. Détails de construction des chambres noires; planchettes d'objectifs, p. 154. — **1124**. Châssis négatifs; format des plaques, p. 156. — **1125**. Vérificateur des plaques et châssis, p. 158.

§ 3. — *Pieds et supports de chambres noires.*

1126. Fixation des chambres noires sur les pieds, p. 160. — **1127**. Pieds de campagne, p. 162. — **1128**. Support de chambre noire, p. 164.

§ 4. — *Appareils spéciaux.*

1129. Chambres panoramiques, p. 166. — **1130**. Châssis à pellicules, p. 174. — **1131**. Châssis à rouleaux, p. 175. — **1134**. Appareil pour photographier par éclairage oblique, p. 178. — **1135**. Appareil pour agrandissements et reproduction des négatifs, p. 180.

§ 5. — *Chambres noires à main.*

1136. Chambres pliantes, p. 181. — **1137**. Chambres magasin, p. 183. — **1138**. Les kodaks, p. 190. — **1139**. Viseur pour chambre noire, p. 191.

§ 6. — *Accessoires divers.*

1140. Boîtes à rainures, p. 193. — **1141**. Éclairage du cabinet noir, p. 194. — **1142**. Laboratoire portatif, p. 197. — **1143**. Appareil pour fonds dégradés, p. 199. — **1144**. Cuvettes pour opérations photographiques, p. 200. — **1145**. Éclairage artificiel au magnésium, p. 201. — **1146**. Éclairage artificiel à l'aluminium, p. 205. — **1147**. Châssis pour tirage des positives, p. 207.

LIVRE II.

PHOTOTYPES NÉGATIFS.

CHAPITRE PREMIER.

ÉMULSION AU COLLODION.

§ 1. — *Émulsions à l'iodure d'argent.*

1148. Formules de M. Banks, p. 209.

§ 2. — *Émulsion au collodio-bromure.*

1149. Émulsions orthochromatiques, p. 210.

CHAPITRE II.

PROCÉDÉ AU GÉLATINO-BROMURE D'ARGENT.

§ 1. — *Préparation des plaques.*

1150. — Préparation du gélatino-bromure d'argent, p. 215. — **1151.** Émulsions aux sels d'argent, p. 216. — **1152.** Conservation des plaques préparées au gélatino-bromure d'argent, p. 217.

§ 2. — *Révélateur à l'acide pyrogallique.*

1153. Formules de bains révélateurs, p. 218.

§ 3. — *Révélateurs à l'hydroquinone.*

1154. Hydroquinone et potasse, p. 219. — **1155.** Hydroquinone et soude, p. 220. — **1156.** Emploi de diverses substances, p. 221.

§ 4. — *Révélateurs à l'iconogène.*

1157. Iconogène et potasse, p. 223. — **1158.** Iconogène et soude, p. 224. — **1159.** Emploi de substances à réactions alcalines, p. 225. — **1160.** Mélange d'iconogène avec d'autres révélateurs, p. 225. — **1161.** Altération de l'iconogène, p. 227.

§ 5. — *Révélateur au paramidophénol.*

1162. Emploi du paramidophénol, p. 228. — **1163.** Mélange d'hydroquinone et de paramidophénol, p. 230. — **1164.** Qualités du révélateur au paramidophénol, p. 231.

§ 6. — *Révélateurs divers.*

1165. Révélateurs de la série aromatique, p. 232. — **1166.** Révélateur au métol, p. 236. — **1167.** Révélateur à l'amidol, p. 238. — **1168.** Révélateur au gaïacol, p. 238. — **1169.** Emploi de la résorcine, p. 239. — **1170.** Retardateurs, p. 239. — **1171.** Accélérateurs, p. 240. — **1172.** Développement en pleine lumière, p. 240.

§ 7. — *Fixage, renforcement, affaiblissement des négatifs.*

1173. Fixage, p. 241. — **1174**. Renforcement, p. 241. — **1175**. Affaiblissement des négatifs, p. 242.

CHAPITRE III.

PROCÉDÉS ORTHOCHROMATIQUES.

1176. Émulsion orthochromatique au gélatino-bromure d'argent; matières colorantes, p. 245. — **1177**. Préparation des plaques orthochromatiques, p. 247. — **1178**. Sensibilité des plaques orthochromatiques, p. 248.

CHAPITRE IV.

PROCÉDÉS PELLICULAIRES.

1179. Négatifs sur support flexible, p. 251. — **1180**. Séchage des négatifs pelliculaires, p. 252.

CHAPITRE V.

RETOUCHE DES NÉGATIFS.

1181. Retouche par le verso du négatif, p. 254. — **1182**. Retouche par imbibition, p. 255. — **1183**. Réfection des négatifs, p. 255. — **1184**. Coloration jaune des négatifs, p. 256. — **1185**. Restauration des négatifs, p. 257. — **1186**. Emploi des plaques au gélatino-bromure ayant subi l'action de la lumière, p. 257.

LIVRE III.

PHOTOCOPIES.

CHAPITRE PREMIER.

PHOTOCOPIES AUX SELS D'ARGENT.

§ 1. — *Photocopies sur papier au chlorure d'argent.*

1187. Papier salé, p. 259. — **1188**. Photocopies sur papier albuminé, p. 260. — **1189**. Papier au collodio-chlorure d'argent, p. 260. — **1190**. Virage, p. 261. — **1191**. Virage au platine et aux métaux du groupe du platine, p. 263. — **1192**. Virages divers, p. 264. — **1193**. Fixage, p. 266.

§ 2. — *Photocopies sur papier émulsionné.*

1194. Épreuves au gélatino-chlorure par noircissement direct, p. 267. — **1195**. Épreuves au gélatino-bromure par développement, p. 267.

§ 3. — *Photocopies sur verre.*

1196. Divers modes d'impression, p. 273. — **1197.** Développement, p. 275. — **1198.** Éclaircissement des photocopies sur verre, p. 276. — **1199.** Virage et fixage des photocopies, p. 276.

CHAPITRE II.

PHOTOCOPIES PAR L'EMPLOI DE DIVERS SELS MÉTALLIQUES.

§ 1. — *Photocopies aux sels de platine.*

1200. Procédé par développement, p. 278. — **1201.** Procédé par substitution, p. 278.

§ 2. — *Photocopies aux sels d'or, d'iridium.*

1202. Papier sensible au chlorure d'or, p. 279. — **1203.** Papier au chlorure d'iridium, p. 279.

§ 3. — *Photocopies et photocalques aux sels de fer.*

1204. Papier au ferro-prussiate, p. 280. — **1205.** Impression en noir sur fond blanc, p. 280. — **1206.** Procédé callitype, p. 280.

§ 4. — *Procédé aux sels de manganèse, de cobalt,* etc.

1207. Emploi des sels de manganèse, p. 281. — **1208.** Emploi des sels de cobalt, p. 285.

§ 5. — *Procédés divers.*

1209. Photographie aux sels de chrome, p. 285. — **1210.** Procédés diazotypes, p. 286. — **1211.** Procédés de M. Villain, p. 287.

CHAPITRE III.

PHOTOCOLLOGRAPHIE.

§ 1. — *Phototirages directs sur glace ou sur zinc.*

1212. Matériel, p. 289. — **1213.** Formules de préparation, p. 298.

§ 2. — *Phototirages sur supports souples.*

1214. Formules de M. Warnerke, p. 301. — **1215.** Procédés de M. Balagny, p. 301.

§ 3. — *Phototypographie.*

1216. Procédé de M. Petit, p. 303. — **1216** *bis.* Procédé de MM. Lumière, p. 304. — **1217.** Procédés divers, p. 305.

§ 4. — *Photoplastographie.*

1218. Épreuves avec marges, p. 306.

§ 5. — *Procédés divers.*

1219. Fluorographie, p. 307.

LIVRE IV.

AGRANDISSEMENTS.

CHAPITRE PREMIER.

AGRANDISSEMENTS.

§ 1. — *Agrandissements à la lumière artificielle.*

1220. Appareils d'agrandissement, p. 308. — **1221.** Sources d'éclairage, p. 309.

§ 2. — *Agrandissements à la lumière du jour.*

1221. Appareils d'agrandissement, p. 314. — **1222.** Procédés opératoires, p. 316.

LIVRE V.

DU STÉRÉOSCOPE.

CHAPITRE PREMIER.

MATÉRIEL.

§ 1. — *Objectifs et chambres noires.*

1223. Objectifs simples, p. 317. — **1224.** — Objectifs doubles, p. 317. — **1225.** Essai des objectifs, p. 318. — **1226.** Chambres noires, p. 321. — **1227.** Format des négatifs, p. 323.

§ 2. — *Matériel pour photocopies stéréoscopiques.*

1228. Photocopies sur papier, p. 324. — **1229.** Photocopies sur verre, p. 324. — **1230.** Copie à la chambre noire, p. 327.

CHAPITRE II.

PROCÉDÉS OPÉRATOIRES.

§ 1. — *Epreuves sur papier.*

1231. Impression sur papier, p. 330.

§ 2. — *Epreuves sur verre.*

1232. Tirage par application, p. 331. — **1233.** Tirage à la chambre noire, p. 332. — **1234.** Montage des épreuves stéréoscopiques, p. 333.

§ 3. — *Des stéréoscopes.*

1235. Diverses formes de stéréoscopes, p. 334.

LIVRE VI.

APPLICATIONS SCIENTIFIQUES.

CHAPITRE PREMIER.

MICROPHOTOGRAPHIE.

§ 1. — *Matériel de microphotographie.*

1236. Microscopes, p. 336. — **1237**. Objectifs, p. 341. — **1238**. Condensateurs, p. 344. — **1239**. Sources d'éclairage, p. 344. — **1240**. Lumière monochromatique, p. 345.

§ 2. — *Procédés opératoires.*

1241. Eclairage de l'objet, p. 345. — **1242**. Manipulations photographiques, p. 346.

§ 3. — *Applications diverses.*

1243. Photographie des bactéries, p. 346. — **1244**. Spectroscopie, p. 347. — **1245**. Analyse chimique, p. 347.

CHAPITRE II.

PHOTOGRAPHIE ASTRONOMIQUE.

1246. Historique, p. 348.

§ 1. — *Photographie des étoiles.*

1247. Résolution du Comité international, p. 348. — **1248**. Images à longues poses, p. 350. — **1249** Grandeur des étoiles, p. 352. — **1250**. Durée des temps de pose, p. 352. — **1251**. Etoiles variables, p. 354. — **1252**. Etoiles doubles, p. 355.

§ 2. — *Photographie des nébuleuses.*

1253. Photographie des nébuleuses, p. 355. — **1254**. Nébuleuse variable, p. 357.

§ 3. — *Héliophotographie.*

1255. Photographie des taches solaires, p. 357. — **1256**. Photographie des protubérances, p. 357.

§ 4. — *Sélénéphotographie.*

1257. Photographies lunaires, p. 360. — **1258**. Eclipses de Lune, p. 360.

§ 5. — *Photographie des planètes.*

1259 Planètes anciennes, p. 360. — **1260**. Planètes nouvelles, p. 361.

§ 6. — *Photographie des comètes.*

1261. Découverte de comètes, p. 362. — **1262**. Photographies de bolides, p. 362.

§ 7. — *Spectrophotographie astronomique.*

1263. Spectre des étoiles et des nébuleuses, p. 362. — **1264**. Spectre du Soleil, p. 364.

§ 8. — *Observations diverses.*

1265. Observations des passages, p. 364.

CHAPITRE III.

APPLICATION A LA GÉODÉSIE.

1266. Variations de la latitude, p. 366. — **1267**. Lever des plans, p. 366. — **1268**. Photographie aérienne pour cerf-volant, p. 366.

CHAPITRE IV.

CHRONOPHOTOGRAPHIE.

1269. Procédés de M. Marey, p. 368. — **1270**. Emploi de la lumière artificielle, p. 369.

CHAPITRE V.

APPLICATIONS A LA PHYSIQUE, A LA MÉTÉOROLOGIE ET AUX SCIENCES NATURELLES.

§ 1. — *Phénomènes physiques.*

1271. Enregistrement continu des températures élevées, p. 369. — **1272**. Détermination de la gravité, p. 369. — **1273**. Polarisation de la lumière, p. 369.

§ 2. — *Phénomènes météorologiques.*

1274. Mesure de la hauteur et de la vitesse des nuages, p. 370. — **1275**. Photographies d'éclairs, p. 370.

§ 3. — *Applications diverses.*

1276. Recherche des falsifications, p. 371.

CHAPITRE VI.

PHOTOMÉTRIE, ACTION CHIMIQUE DE LA LUMIÈRE

1277. Phénomènes actino-électriques, p. 372. — **1278**. Évaluation des effets des sources lumineuses, p. 372. — **1279**. Unité de sensibilité, p. 375. — **1280**. Unité de lumière, p. 375. — **1281**. Action chimique de la lumière sur le chlorure d'argent, p. 376.

CHAPITRE VII.

CHROMOPHOTOGRAPHIE.

§ 1. — *Méthode de M. Lippmann.*

1282. Principe de la méthode, p. 378. — **1283**. Procédé opératoire, p. 378.

§ 2. — *Anciens procédés.*

1284. Emploi du sous-chlorure d'argent, p. 382.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE SUPPLÉMENT A

Aberration chromatique, 22; de réfrangibilité, 21; de sphéricité, 20; d'épaisseur, 21.
Accélérateur, 240.
Achromatisme, 22, 123.
Actiniques (rayons), 342.
Action chimique de la lumière, 376.
Adapteur Clégil, 106.
Affaiblissement des négatifs, 242.
Agrandissements à la lumière artificielle, 308; par la lumière du pétrole, 313; par la lumière électrique, 313; lumière du magnésium, 314; lumière du jour, 314; procédés opératoires, 316.
Albuminé (papier), 261.
Allonge de chambre noire, 328.
Alunage, 241.
Amas d'étoiles, 356.
Amidol, 238.
Amplificateur, 350.
Anastigmats simples, 33, 64; extra-rapides, 69; rapides, 73, 74; grand angulaire rapide, 74; grand angulaire, 76.
Angle du champ utile, 114; embrassé, 113.
Antiplanats, 57.
Aplanétisme, 124.
Aplanats, 57.
Aplanétiques, 57.
Apochromatiques grand angulaire, 41, 65; pour microphotographie, 340, 342.
Appareil pour essayer les objectifs, 122; pour photographier par éclairage oblique, 178; pour agrandissements et reproduction de négatifs, 180; Mendozza, 180; Merville et Lanciaux, 181; d'agrandissement, 313, 315.
Applications scientifiques, 336; photographie des bactéries, 345; analyse chimique, 346.
Astigmatisme, 124.
Astrophotographie, 348; images à longues poses, 356.
Auréoles, 351.
Axe optique principal, 10; secondaire, 10, 11.

Bain-marie pour photocollographie, 289, 290.
Bain d'or, *voir* virage.
Banc optique, 16.
Bichlorure de mercure, 241.
Bichromates alcalins, 300.
Binoculaire, *voir* Stéréoscope.
Bitume de Judée, 303.
Boîte à rainures Montel, 193.
Bolides (photographie des), 362.
Bromure d'argent, *voir* Gélatino-bromure.

Cabinet noir : éclairage, 194.
Cadres pour vérification du matériel, 155.
Calibres pour planchettes. 155; pour plaques, 159; pour écrous, 161.
Carbonate de soude, *voir* Développement.
Carbonate de potasse, *voir* Développement.
Carte du Ciel, 348.
Caustiques, 21.
Centrage des objectifs, 122.
Centre optique, 10; de départ, 10.
Chambres noires d'atelier, 151; universelle, 152; de voyage Acme, 153; en aluminium, 154, 182; panoramique, 166.
— à main : Darlot, 181; Gilon et Ducom, 182; Brichault, 182; Français, Martin, Audouin, Enjalbert, Dehors et Deslandres, 183; pour stéréoscopes, 321, 322.
— à magasin : Lanceaux, Krugener, Massange, 183; Bloch, 184; Hermagis, 185; Lumière, 186; Charpentier, Unger et Hoffmann, 187; Fichtner, 188; Van Neck, Hanau, 189; Kodaks, 190.
— stéréoscopiques, 320 à 322; copie par chambre stéréoscopique, 327, 328.
Champ de netteté, 113; de visibilité, 114; rond, 114; achromatique, 123.
Chariot, 180.
Châssis obturateur, 144; négatif, 156; négatif à répétition de Balagny, 252; vérification des châssis, 159.
— à pellicule, 174; à rouleaux, 175.
— positifs (châssis-presse), Poulenc, 207; rectographe, 273; pour photo-

collographie, 294; pour images stéréoscopiques sur verre, 325.
Chercheur Davanne, 192.
Chlorure d'argent, décomposé par la lumière, 376.
— d'or pour virage, 261.
Choix des objectifs, 128.
Chrome (emploi des sels de), 285.
Chromophotographie, méthode de Lippmann, 378.
Chronophotographie, 368.
Clarté, 93, 118.
Cloison mobile, 320.
Cobalt (emploi des sels de), 285.
Coefficient d'ouverture utile, 114; sa mesure, 117; de transparence, 117; de clarté propre, 118.
Coffret Enjalbert, 183.
Collodion : émulsion à l'iodure d'argent, 210; collodio-bromure, 211; orthochromatiques, 212.
Collodio-chlorure d'argent, 260.
Coloration jaune des négatifs, 256.
Comète découverte par la photographie, 362.
Compensateurs, 102.
Concentrique, objectif, 45.
Condensateur apochromatique à grand angle, 343.
Constantes instrumentales, 108.
Contre-types, 301.
Coton-poudre, 210.
Couleurs pour plaques orthochromatiques, 246.
Coupage des épreuves stéréoscopiques, 331.
Cuves à lavages pour photocollographie, 294.
Cuvettes en celluloïd, 200; en aluminium, en nickel, 201.

Dessiccation des dalles, 293.
Développement : à l'acide pyrogallique, 218; à l'hydroquinone, 219, 345; divers, 221; à l'iconogène, 223; iconogène et diverses substances, 225; paramidophénol, 228; corps de la série aromatique, 232; métol, 237; amidol, 238; gaïacol, 238; cas de la résorcine, 239; en pleine lumière, 240.
Diaphragme, 27; iris, 103.
Diazotypes (procédés), 256.
Distance focale, 11; focale principale, 12; détermination, 14, 19; sa mesure, 110.
Distorsion, 124.

Écartement des objectifs du stéréoscope, 320.
Échelle de teintes, 248.
Éclair magnésique, 205.
Éclairage oblique, 179; du cabinet noir, 195; monochromatique, 196; artificiel au magnésium, 201; à l'aluminium, 205; en microphotographie, 344.
Éclipses de Lune, 360.
Écran coloré, 107.
Écrous de chambre noire, 161.
Électrique : éclairage du cabinet noir, 195.
Éléments cardinaux, 10.
Embases d'objectifs, 131.
Émulsion au collodion, 210, 212; au gélatino-bromure d'argent, 215; aux sels d'argent, 216; orthochromatique au gélatino-bromure, 245.
Épaisseur des plaques, 157
Épreuves stéréoscopiques, 331.
Essai des objectifs, *voir* Objectifs; des plaques, 249.
Étendue du champ, 93.
Eurvscopes, *voir* Objectifs.
Étoiles (photographie des), 348; étoile-guide, 349; grandeur des étoiles, 352; variables, 354; doubles, 355.
Étuve pour photocollographie, 293.

Falsifications reconnues par la photographie, 371.
Finesse, netteté, 23.
Fixage, 241; des positives, 266; des photocopies sur verre, 277.
Fixation des chambres noires sur pieds, 160.
Fluorographie, 307.
Focimètre, 108.
Fonds dégradés, 196.
Format des plaques, 156; des négatifs pour stéréoscopes, 323.
Formule de Newton, 16.
Foyer principal, 11; secondaire, 11.

Gaïacol, 238.
Gélatine, *voir* Photocollographie.
Gélatino-bromure d'argent : conservation des plaques, 217; images positives, 270.
Gélatino-chlorure par noircissement direct, 267.
Glaces à faces parallèles, 107.
Graduation des diaphragmes, 103.
Grandeur des images, 316.
Grossissement, 12; des objectifs à long foyer, 88.
Guillotine droite, 135; circulaire, 136; excentrique, 139.

Halo, 351.
Héliophotographie, 377.
Historique, 7; photographie astronomique, 348.
Hydroquinone et potasse, 219; soude, 220; avec diverses substances, 221.
Hyposulfite de soude, 241.

Iconogène et potasse, 223; soude, 224; avec diverses substances, 225; altération, 227.
Impression en noir sur fond blanc, 280.

Iodure d'argent, émulsion, 210.
Isochromatiques, 345.

Kodaks, 190.

Laboratoires portatifs, 196.
Lampe électrique, 195; au magnésium, 203, 204; Aüer, 312.
Lavages des dalles pour photocollographie, 294.
Lentilles de caractère normal, 67; de caractère anormal, 67; colorées, 108.
Lever des plans, 366.
Longues-vues photographiques, 89.
Longueur d'onde, 8.
Longueur focale, *voir* Distance focale.
Lumière, définition, 8; monochromatique, 344.
Lynkéioscope grand angulaire, 42; extra-rapide, 59; rapides, 60.

Métol, 236.
Magnésium, 201.
Manganèse (procédé aux sels de), 281.
Météorologie, 371.
Microphotographie, matériel, 336; développement des négatifs, 345.
Microscopes photographiques, 336; Van Heurck, 337; Baker, Zeiss, 337.
Miroirs, 100, 101.
Mise au point, 120.
Montage des épreuves stéréoscopiques sur papier, 331; sur verre, 333.
Monture des objectifs, 103.

Nébuleuses (photographie des), 355; variable, 356; découverte par la photographie, 357.
Négatifs sur support flexible, 251.
Netteté, 23.

Objectifs photographiques : calcul, 24, 29, 47; simples, 33; à deux lentilles, 34, 36; anastigmats simples, 35; simple rapide, 37; simple rectilinéaire, 38; à grand angle, 38; pantoscope, 39; périgraphe extra-rapide, 39; grand angulaire apochromatique, 41; lynkéioscope grand angulaire, 42; symétrique grand angle; 43; concentrique, 45; grand angle Martin, 46; euryscopes à grand angle, 50; à grande ouverture, 51; double Petzval, 51; Voigtlaender, 53; Sutter, 53; euryscopes rapides, 54, 55, 56, 57; antiplanats, 57; aplanats, 57; aplanats pour portraits, 57, 58; lynkéioscope extra-rapide, 59; rapide, 60; grand angulaire rapide, 60; paraplanat rapide, 61; rectilinéaires rapides, 61; symétriques universels, 62; Paragon, 63; périgraphe, rectigraphe; 63; orthoscopique, 63; anastigmat, 63; apochromatiques, 65; anastigmats extra-rapides, 69; anastigmats rapides, 73; anastigmat grand angulaire rapide, 74; anastigmat grand angulaire pour vues, 76; triplets, 79; en verre d'Iéna, 82; anastigmats et objectifs ordinaires, 83; téléobjectifs, 86, 88; de Jarret, 95; de Dallmeyer, 95; de Miethe, 99; colorés, 107; essai, 122; essai sommaire, 125; pour stéréoscopes, 316; essai des objectifs de stéréoscope, 318; pour microphotographie, Powel et Leeland, Zeiss, Spencer, Reichert, 340; ouverture des objectifs, 341; apochromatiques, 342; double employé en photographie astronomique, 356, 361.
Obturateurs, 133; rendement, 133; central droit, 134; guillotine droite, 135; central circulaire, 136; calcul du rendement, 137; central à deux pivots, 140; iris, 141; étude pratique, 142; châssis-obturateur, 144; à rideau, 145; Mattioli, 146; Gilon, 146; Bézu et Hauser, 147; Fleury-Hermagis, 147; automatique, 147; à une lamelle Berthiot, 148; Barriquand et Mare, 149; pour stéréoscopes, 322.
Oculaires à projections, 339.
Ondes lumineuses, 8.
Orthochromatisme, 245.
Orthoscopique, 63.
Ouverture utile, 115.
Oxhydrique, 310.
Oxygène, 310.

Panoramiques, *voir* Chambres.
Papier salé, 259; albuminé, 260; au collodio-chlorure d'argent, 260; au platine, 278; au chlorure d'or, 279; au chlorure d'iridium, 279; au ferro-prussiate, 280; aux sels de manganèse, 281.
Pantoscopes, 39, 40.
Paramidophénol, 228; avec hydroquinone, 230; ses qualités, 231.
Paraplanat rapide, 61.
Paysages, *voir* Objectifs simples.
Pellicules auto-tendues, 251.
Périgraphe extra-rapide, 39; de Gundlach, 63.
Phénylhydrazine, 235.
Photocopies, 250; sur verre, 273; par développement, 275; aux sels de platine, 278; aux sels d'or,

d'iridium, 279; stéréoscopiques, 324; sur verre, 324, 331; stéréoscopiques sur papier, 330.
Photocollographie, 289.
Photocravate, 184.
Photo-livre, 183.
Photomètre, 372.
Photométrie, 375.
Photoplastographie, 306.
Phototypographie, 303.
Pieds et supports de chambre noire, 160; de campagne 162; modèles Berceon, Lacoste-Delpérier, Lebreton, 163; modèle Hanau, Van Assche, 164.
Planchettes d'objectifs, 154.
Plans nodaux, 8; ventraux, 8; focal principal, 12.
Plans principaux, 12.
Planètes, 360; découvertes par la photographie, 361.
Plaques orthochromatiques, préparation, 247; leur sensibilité, 248; ayant subi l'action de la lumière, 257.
Plateau Carpentier, 109.
Platinotypie, 278.
Points nodaux, 11; nodal d'incidence, 11; d'émergence, 11; de Bravais, 12; négatifs conjugués, 14.
Pôles, 12.
Position des points nodaux, 112; des diaphragmes, 122.
Positives stéréoscopiques, *voir* Stéréoscope.
Position des diaphragmes, 122.
Poudre-Eclair, 202.
Pouvoir dispersif, 22; optique, 93; photométrique, 117.
Préparation pour photocollographie, 300.
Presse pour photocollographie, 298.
Prismes redresseurs, 101.
Procédés pelliculaires, 251; callitype, 280; aux sels de manganèse, de cobalt, 281; par teinture, 287.
Profondeur de champ, 120; de foyer, 118.
Projections, *voir* Agrandissements.
Protubérances, 358; méthode de Deslandres, 358; de Halle, 359.
Proximité du point lumineux, 47.
Pyrogallol, 218.

Rapport de clarté, 118.
Rectigraphe, 63.
Rectilinéaires rapides, 31, 61.
Redressement de l'image, *voir* Retournement.
Réducteur, 243.
Refection des négatifs, 255.
Réflexion normale, 8.
Rendement des obturateurs, 133.
Renforcement, 241.
Repérage, 303.
Report, 307.
Résorcine, 239.
Restauration des négatifs, 257.
Retardateurs, 239.
Retouche des négatifs, 251; par imbibition, 255.
Retournement des négatifs, 299.
Révélateurs, *voir* Développement
Rondelles d'objectifs, 106.

Saupoudrage par poudres colorées, 254.
Séchage des négatifs pelliculaires, 252.
Sélénéphotographie, 360.
Sensibilisation du papier, 259.
Sensibilité, sa mesure, 248. 348.
Sensitocolorimètre Vidal,
Sensitomètre, 249.
Sources d'éclairage pour agrandissements, 309; microphotographie, 340, 343.
Spectre secondaire, 65; du Soleil, 364.
Spectrohéliographe, 364.
Spectrophotographie, 362, des étoiles, 362.
Stéréoscope, objectifs et chambres noires, 317; formes de stéréoscope, 334.
Sulfure d'antimoine, *voir* Eclair.
Support de chambre noire, 165; pour photocollographie, 291, 292; supports souples, 301.
Surface focale, 120; travail des surfaces, 122.
Symétrique grand angle, 44; universel, 62.

Table à encrer, 296.
Tableau des objectifs simples, 34; simples anastigmats, 35, 36; simples de Ross, de Gœrz, 38; grand angulaire apochromatique, 42; lynkéioscope grand angulaire, 43; symétrique grand angle, 44, 45; euryscopes à grand angle, 50, 51; euryscopes rapides, 54, 55, 56, 57; aplanats pour portraits, 58; pour reproductions, 59; lynkéioscopes extra-rapides, 59; rapides, 60; grand-angulaire rapides, 60; paraplanats rapides, 61; rectilinéaires rapides, 62; symétriques universels, 62; anastigmats extra-rapides, 70; anastigmats rapides, 73, 74; anastigmats grand angulaires rapides, 76; grand angulaire pour vues, 78; triplets, 81; comparaison des objectifs, 85; téléobjectifs de Dallmeyer, 98; graduation des diaphragmes, 105; des agrandissements, 316.
Tache centrale, 125; 200,

Temps de pose en photographie astronomique, 350.
Tirage à la chambre noire, 332.
Tison-éclair, 204.
Tourniquet, 121.
Transparentes, *voir* Positives sur verre.
Triplets, 79.
Triplex, obturateur, 147.
Tube-bougie, 204.

Unité de sensibilité, 375.

Vélocigraphe, 185.
Vernis au borax et gomme laque, 252.
Virage, 261; au platine, 263; divers, 265; du papier au gélatino-chlorure, 269; des photocopies sur verre, 277.
Viseurs pour chambre noire, 191; Davanne, 192; pour chambre stéréoscopique, 322.
Voile du négatif, 242.
Volume focal, 118; focal principal, 119.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES NOMS PROPRES

DU CINQUIÈME VOLUME

Abbe, 41, 65, 80, 341, 346, 347.
Abney, 195, 216, 246, 266, 267, 353, 370.
Alembert (d'), 25.
Allote de la Füye, 86, 90, 91, 95.
Andoyer, 360.
Andressen, 228, 229.
Angerer, 225.
Anschütz, 144.
Archenold, 355.
Argelander, 350.
Arsonval, 368.
Artigue, 285.
Assche (Van), 164.
Attout-Tailfer, 106, 108, 247, 346.
Audouin, 183.
Audra, 230.
Austen, 369.

Bachrach, 222.
Backelandt, 220, 221.
Baker, 338, 340, 344.
Balagny, 242, 244, 251, 252, 301, 302, 303.
Balmer, 358.
Balsamo, 264.
Baltin, 219.
Bally-Lemaire, 126.
Banks, 209.
Bardy, 196.
Barnard, 355.
Barrière, 177.
Barriquand, 131, 148, 150, 161.
Bate, 218.
Batut, 367.
Baume-Pluvinel (de La), 118, 142, 247, 250.
Bayard, 270.
Beard, 100.
Belitzki, 243.
Bell, 216.
Berceon, 163.
Bergeot, 204.
Berger, 14.
Berget, 8, 9, 369.
Bernard, 178.
Berthelot, 6, 107.
Berthiot, 57, 63, 66, 148, 318.
Bertsch, 192.
Berzélius, 204.
Bessel, 16.
Bévan, 286.
Bézu et Hausser, 63, 147, 329.
Bigolow, 351
Blanchère (de La), 315.
Blansdorff, 204.
Bloch, 184.
Bogisch, 238.
Bolas, 301.
Bolton, 215.
Bond, 355.
Bothamley, 280.
Boyer, 204, 205, 335.
Bravais, 12.
Brandshaw, 194.
Braun, 358.
Brewster, 108.
Brichault, 154, 182.
Brunel, 263.
Brunner, 366.
Buguet (A.), 277, 326, 356.
Bunsen, 203.
Burton, 227, 278.
Busch, 33, 39, 357.

Candèze, 182.
Capranica, 341.
Carey Lea, 243, 265.
Carlier, 255.
Carpenter, 347.
Carpentier, 109, 110, 111, 114.
Castelarnau (de), 347.
Cauche, 101.
Chable, 335.
Charconnet, 106.
Charlois, 361.
Charpentier, 187.
Chartier, 352.
Chatelier, 369.
Chauvin, 368.
Chevalier, 101, 103, 223.
Chinsoli, 84.
Christie, 353.
Clairault, 25.
Clarck, 278.
Claudet, 108.
Clément et Gilmer, 63.
Clifford Mercer, 345.

Cooper, 287.
Cornu (A.), 14, 16, 113, 142, 350, 364.
Coupé, 277.
Cowan, 256, 275, 335.
Crookes, 242.
Cross, 286.
Czaspcki, 342, 344.

Dallmeyer, 37, 38, 53, 54, 61, 90, 95, 98, 129, 309, 317, 318.
Damoiseau, 166, 169.
Darlot, 57, 63, 181, 283.
Daubrée, 360.
Davanne, 16, 18, 110, 112, 182, 191.
Decoudun, 196.
Dehors, 183.
Demarçay, 133, 134.
Demeny, 368.
Deneur, 178.
Denning, 361.
Deprez, 369.
Derogy, 57, 63, 101.
Descartes, 21.
Deslandres, 183, 358, 359.
Dessoudeix, 189, 191, 197.
Donders, 16.
Donnadieu, 318, 329, 335.
Dowe, 370.
Draper, 100.
Duchesne, 219.
Duchochois, 243.
Ducom, 182.
Ducos du Hauron, 107.
Duner, 352, 353.

Eastman, 175, 190, 251.
Eckstein, 251.
Éder, 35, 38, 63, 83, 84, 101, 132, 201, 208, 210, 216, 230, 236, 238, 245, 300.
Édison, 313.
Edwards, 276, 345.
Enjalbert, 183.
Ennel, 330.
Ewans, 222.

Fabre (Ch.), 208, 270.
Fargis, 355.
Faucompré (de), 175.
Fauvel, 162.
Faye, 360.
Feer, 287.
Fogh, 241.
Forrest, 247.
Fourtier, 106, 277, 310, 312, 316, 335.
Fowler, 363.
Français, 63, 183, 321.
Fraüenhoffer, 100.
Frémy, 263.
Fresnel, 8.
Fichtner, 188.
Fribourg (Cte), 90, 92, 144, 145.
Fribourg, 204.
Fritsch, 34, 41, 57, 58.

Gasc, 106.
Gaudin, 108, 209.
Gautier, 361.
Gilles, 151, 152.
Gill, 351, 357.
Gillon, 146, 154, 182.
Girard, 196.
Goderus, 204, 254.
Gœdike, 196.
Goertz, 34, 38, 42, 59, 60, 61, 104.
Goods, 280.
Gould, 348.
Grasshoff, 255.
Gravier, 306.
Green, 286.
Grubb, 35, 110.
Guebhardt, 204.
Guillemin, 347.
Gulliver, 107.
Gundlach, 63, 86, 133.
Gunther, 370.

Hagen, 355.
Halle, 359.
Hanau, 164, 189.
Hanssen, 15.
Hare, 263.
Harrisson, 247, 283.
Hartnack, 35, 40, 66, 102, 130, 317.
Hasselberg, 16.
Hauff, 238.
Hausser, 338.
Heinrichs, 216.
Heiss, 362.
Henderson, 221.
Henry, 90, 350, 363.
Hermagis, 52, 57, 63, 147, 184, 356, 361.
Herschell, 26, 309.
Hesse, 204.
Heurck (Van), 336, 337, 338, 339, 342, 344, 347.
Hiekel, 224, 227.
Higgs, 364.
Himly, 220, 222, 240.
Hoffman, 187.
Holden, 356.
Holgrave, 226.
Hubert, 224.
Huggins, 354, 358.
Humbert de Molard, 254.
Humphrey, 203.

Imbault, 256.
Irunberry, 147.

Jacoby, 348.
Jamin, 103.
Janssenn, 357.
Jarret, 63, 70, 95.
Jonas, 210.
Just, 276.

Kerber, 14.
Kircher, 103.
Kiss, 84.
Knight, 305.
Kranz, 356.
Krauss, 69, 70, 64.
Krugener, 183.

Laborde, 223.
Lacoste-Delpérier, 163.
Lacroix, 185.
Lainer, 256.
Lambert, 225.
Lansiaux, 181, 183, 314.
Latimer, 280.
Laussedat, 366.
Lavrof, 300.
Lebreton, 163.
Lechi, 100.
Lechner, 189, 366.
Leeson, 259.
Leitz, 338, 345.
Legros, 277.
Leusschner, 351.
Liébert, 330.
Liesegang, 216, 254, 269.
Lippmann, 7, 8.
Lockyer, 219, 354.
Loehr, 222.

Lœvy, 361.
Londe (A.), 189, 191, 201, 244, 368.
Loshe, 239.
Lumière, 179, 186, 228, 229, 231, 232, 233, 235, 236, 247, 251, 277, 281, 283, 285, 304, 316.
Lundt, 346.

Mac Gillavry, 16.
Mach, 101.
Mare, 148, 150.
Marey, 368.
Martin (A.), 12, 16, 18, 30, 31, 46, 47, 50, 110, 112, 182.
Martin-Chavarez, 174.
Martinet, 166.
Mascart, 132.
Maskcline, 14.
Massange, 183.
Mathet, 222, 239, 250.
Mattioli, 146.
Mawson, 210.
Mayall, 338.
Meldola, 239.
Mendozza, 180, 204.
Mercier, 221, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 277, 279.
Mergier, 15.
Merklinc, 217, 235.
Merville, 181, 314.
Merz, 14.
Meydenbauer, 218.
Meyerstein, 15.
Miethe, 40, 99, 102, 203.
Milne Edwards, 5.
Moessard, 118, 120, 122, 123, 144, 145.
Molteni, 313.
Monckhoven (Van), 110, 214, 215, 281.
Mongel, 93, 217.
Montefiore, 219.
Moser, 16.

Nachet, 65, 341.
Nadar, 154, 203, 205.
Neck (Van), 189, 273.
Nelson, 345.
Neuhauss, 345.
Newton, 15, 16.
Newton, 225.
Nicholls, 346.
Niepce, 7, 108.
Notton, 103.

Oudemans, 16.

Paschwitz, 366.
Peaucellier, 91.
Pector, 223.
Pendelbury, 14.
Peragallo, 342.
Perrotin, 361.
Petit, 300, 303.
Pétry, 223, 227.
Petzval, 30, 51, 52, 53, 55, 63, 68, 96, 129, 144, 317, 318.
Pickering, 848, 354, 361.
Piver, 164, 166.
Planchon, 251.
Plücker, 182.
Poitevin, 254.
Poitrineau, 198, 199.
Pollack, 366.
Poulenc, 203, 207, 329.
Powel et Lealand, 65, 341, 344.
Prasmowski, 30, 50.
Pricam, 241.
Pringle, 338, 340, 347.
Pritchard, 351, 354.
Pusset, 180.

Quick, 260.
Quinet, 103.

Radiguet, 195.
Ramsden, 15.
Rayet, 360.
Reeb, 220, 221, 223, 231, 244.
Reichert, 65, 341.
Regnard, 204.
Renard, 311.
Reess, 348.
Ricard, 183.
Riche, 196.
Roberston, 222.
Robicheck, 257.
Robinson, 267.
Roden, 271.
Roscoe, 346.
Ross, 37, 43, 44, 45, 62, 86, 129, 131, 317, 318, 336, 341.
Rossignol, 257.
Roster, 84.
Roux, 250.
Rudolph, 83, 84.
Russel, 356.
Rutherfurd, 348.

Scheiner, 357.
Schering, 210, 260.
Schleifer, 255.
Schleussner, 226.
Schmidt, 100.
Schnauss, 228.
Schott, 31, 44, 45, 65, 342.
Schrœder, 31, 35, 46.
Schüchardt, 229.
Secretan, 10, 315.
Sébert, 142, 158, 161, 376.
Silberman, 13, 15.
Silvy, 169.
Simoney, 364.
Smith, 341.
Snellen, 16.
Snelling, 100.
Soret, 31, 132.
Spencer, 341.
Stanley, 361.
Stein, 196.
Steinheil, 31, 37, 57, 60, 61, 66, 83, 90, 99, 100.
Stieglitz, 269, 276.
Stolze, 95, 103, 270.
Strachey, 370.
Struve, 355.
Stuart, 35.
Sutter, 53, 129.
Swann, 260.
Swartz, 217, 235.
Swift, 63.
Székély, 215.

Taylor, 266.
Thomsom, 13, 14, 16, 18,
Thouroude, 217.
Thury et Amey, 142.
Tœpler, 14.
Tondeur, 273.
Troost, 202.
Trouvé, 313.
Trutat, 298, 306, 316.
Tschirch, 217.

Unger, 187.

Valenta, 305.
Vallot, 204.
Vidal, 244, 248, 250, 255.
Vieuille, 208, 244.
Villain, 287. 288.
Vilon, 205, 206.
Vogel, 84, 218, 226, 229, 246, 247, 354, 355.
Voigt, 225, 226.

Voigtlaender, 36, 50 à 56, 63, 66, 82, 86, 129, 131, 317, 356.
Voirin, 293, 296, 307.

Wagner, 91.
Wall, 260.
Wallon, 24, 27, 28, 31, 70, 71, 84, 85, 113, 114, 118, 120, 121, 132.
Walmsley, 341.
Warnerke, 213, 223, 249, 301.
Waterhouse, 212, 225, 227, 235, 238, 239, 255.
Watson, 153, 336, 340, 341,
Weber, 16.
Weinæk, 360.
Wellington, 220.
Wenz, 366.
Wickers, 218.
Wilde, 203, 239.
Willard, 356.
Wilson, 351.
Witworth, 161.
Wolff, 351, 362.
Wollaston, 122.
Woodward, 341.

York, 219.
Young, 364.

Zeiss, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 73, 79, 80, 82, 84, 86, 104, 113, 129, 131, 340, 341, 344, 345, 346, 347.
Zenger, 100.
Zion, 63.

TABLE DES FIGURES

CONTENUES DANS LE SUPPLÉMENT A

1. Centre optique..... 10
2. Points nodaux..... 10
3. Distance focale..... 11
4. Foyers secondaires..... 11
5. Points symétriques..... 17
6. Foyer principal..... 18
7. Détermination du foyer..... 19
8. » » 19
9. Aberration positive 20
10. » négative..... 20
11. Aberration de réfrangibilité..... 21
12. Effet du diaphragme..... 27
13. Distorsion..... 28
14. Altération de la perspective..... 29
15. Position du diaphragme..... 33
16. » » 33
17. Objectif concentrique..... 45
18. Foyer chimique..... 46
19. Anastigmat 1 : 7.2..... 69
20. » 1 : 7,2..... 69
21. » 1 : 6,3..... 75
22. » 1 : 12,5..... 75
23. » » 75
24. » » 75
25. » 1 : 18..... 77
26. » » 77
27. » » 77
28. Triplet..... 80
29. Objectif de M. Jarret..... 95
30. Emploi d'une lentille divergente. 96
31. Télécobjectif..... 97
32. Focimètre..... 108
33. Appareil Carpentier..... 109
34. Points nodaux..... 110
35. Calibre traceur..... 112
36. Champ de netteté..... 115
37. Ouverture utile..... 116
38. Surface focale..... 119
39. Volume focal..... 119
40. Étude du volume focal..... 121
41. Recherche de la distorsion..... 125
42. Essai des objectifs..... 126
43. » » 126
44. » » 126
45. » » 128
46. » » 129
47. » » 129
48. » » 129
49. » » 129
50. Vis type pour objectif..... 130
51. Écrou type..... 130
52. Obturateur central droit..... 135
53. » » circulaire.... 136
54. Guillotine excentrique..... 139
55. Obturateur central à deux pivots. 140
56. Courbe de rendement..... 140
57. » » 140
58. Obturateur Bézu et Hauser..... 146
59. » Berthiot..... 148
60. » Barriquand et Marc. 149
61. Chambre Acme..... 153
62. Calibre vérificateur..... 155
63. » » 155
64. » » 155
65. Calibre pour châssis..... 160
66. Vis de chambre noire..... 161
67. Écrou..... 161
68. Pied Fauvel..... 162
69. Support Piver..... 165
70. Chambre Damoiseau..... 167
71. » » 168
72. » » 170

73. Chambre Damoiseau..... 172
74. Châssis Barrière..... 176
75. » » 176
76. » » 176
77. » » 177
78. » » 177
79. » » 178
80. Appareil Bernard..... 179
81. Appareil d'agrandissement..... 180
82. » » 181
83. Chambre à main..... 182
84. Photo-cravate..... 184
85. Vélocigraphe..... 185
86. » 186
87. Appareil Unger Hoffmann..... 186
88. » » » 187
89. Appareil Fichtner..... 187
90. » » 188
91. » » 188
92. » » 188
93. Chambre Van Neck..... 188
94. Stéréoscope Hanau..... 189
95. Châssis Eastman..... 189
96. Kodak..... 190
97. » 190
98. Kodak folding..... 191
99. » 192
100. » 193
101. Électrophotophore..... 195
102. Laboratoire Poitrineau..... 196
103. » » 197
104. » » 198
105. » » 199
106. Lampe à magnésium..... 203
107. Châssis Poulenc..... 206
108. » » 207
109. Sensitocolorimètre Vidal..... 248
110. Échelle du sensitocolorimètre..... 249
111. Châssis rectographe..... 273
112. Cadre à copier..... 274
113. Bain-marie pour filtrations..... 289
114. » » » 290
115. Trépied à vis calantes..... 291
116. Table pour préparation..... 291
117. Support à vis calantes..... 292
118. Étuve..... 292
119. Boîte à dalles..... 293
120. Serrage par coins..... 294
121. Serrage par vis..... 294
122. Cuve en zinc..... 295
123. Spatule à nettoyer..... 295
124. Table à encrer..... 296
125. Presse Voirin..... 297
126. Presse sur pied..... 298
127. Appareil d'agrandissement..... 308
128. Condensateur rectangulaire..... 309
129. Tube à oxygène..... 310
130. Régulateur de pression..... 310
131. Carburateur..... 311
132. » 311
133. Éther saturator..... 311
134. Manchon du bec Aüer..... 312
135. Bec Aüer..... 312
136. Appareil d'agrandissement..... 313
137. » » 314
138. » » 315
139. Objectifs pour stéréoscope..... 319
140. Planchette d'objectifs..... 320
141. Montage des objectifs..... 320
142. Chambre stéréoscopique..... 320
143. Chambre à main..... 321
144. Appareil Berteil..... 322
145. » » 322
146. Kinégraphe stéréoscopique..... 322
147. Kinégraphe perfectionné..... 323
148. Obturateur à volet..... 323
149. Calibre à couper les glaces..... 324
150. » » » 324
151. Négatif à copier..... 324
152. Châssis à copier..... 325
153. » » 325
154. Images transposées..... 325
155. Copie d'un négatif..... 326
156. Copie à la chambre..... 327
157. » » 328
158. Appareil Donnadieu..... 328
159. » » 329
160. Négatif stéréoscopique..... 330
161. Bande de papier..... 330
162. Bande imprimée..... 331
163. » » 331
164. Épreuves séparées..... 331
165. Tirage par application..... 331
166. Montage des positifs..... 332
167. » » » 332
168. » » » 332
169. Stéréoscope à prismes..... 333
170. Stéréoscope à main..... 334
171. Binocle stéréoscopique..... 334
172. Microscope Van Heurck..... 337
173. Appareil Watson et Sons..... 339
174. Appareil Pringle Baker..... 340
175. Châssis Lippmann..... 379
176. Spectre solaire..... 380

Toulouse, Imp. DOULADOURE-PRIVAT, rue S'-Rome, 39. — 227

85-B9133

GETTY RESEARCH INSTITUTE
3 3125 01096 4902